

6550/ITS/H/94✓

TUGAS AKHIR

USULAN PERBAIKAN PERHITUNGAN TEBAL PERKERASAN LENTUR CARA BINA MARGA



655
625.76
Fib
0-1
1994

Oleh :

Alfa Febriantoro

NRP : 3903100932

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	
Tgl. Kembali	
No. Inventaris	94 06 / 7 A


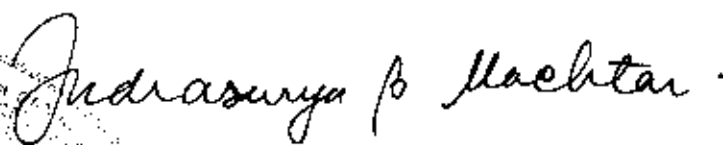
BIDANG STUDI PERHUBUNGAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
S U R A B A Y A
1994

TUGAS AKHIR

USULAN PERBAIKAN PERHITUNGAN TEBAL PERKERASAN LENTUR CARA BINA MARGA

Mengetahui / Menyetujui :

Dosen Pembimbing



Ir. INDRASURYA B. MOCHTAR, MSc. PhD.

**BIDANG STUDI PERHUBUNGAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
S U R A B A Y A
1994**

USULAN PERBAIKAN PERHITUNGAN TEBAL PERKERASAN LENTUR CARA BINA MARGA

A B S T R A K

Perhitungan tebal perkerasan lentur dengan cara Bina Marga pada prinsipnya tidak salah, akan tetapi untuk penerapan di lapangan tidak sesuai dengan kondisi yang sebenarnya, misalnya total beban ekuivalen kendaraan yang melawati jalan tersebut tidak sama dengan yang dipergunakan dalam perumusan cara Bina Marga. Didalam Tugas Akhir ini kami mencoba mengkaji ulang perumusan perhitungan dari Bina Marga tersebut agar lebih sesuai dengan kondisi di lapangan yang sebenarnya dan mendekati perumusan dari AASHTO (1971). Penyesuaian tersebut antara lain : koefisien distribusi lalu lintas pada jalur rencana (C), persamaan untuk mencari angka ekuivalen (E), faktor regional (FR), cara menentukan total equivalent axle load (total W_{18}), dan cara menentukan tebal tiap lapisan perkerasan. Selain itu di dalam Tugas Akhir ini hanya dibatasi pada lingkup cara perhitungan tebal perkerasan saja, dimana kami juga memberi contoh perhitungannya sebagai penerapan dari perumusan tersebut.

KATA PENGANTAR

Tiada kata yang patut diucapkan selain mengucapkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmad serta kekuatan kepada kami sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini berjudul "USULAN PERBAIKAN PERHITUNGAN TEBAL PERKERASAN LENTUR CARA BINA MARGA".

Kami menyadari bahwa pada Tugas Akhir ini masih kurang sempurna, untuk itu kritik dan saran sangat kami harapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Atas terselesaikannya Tugas Akhir ini kami mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Ir. Indrasurya B. Mocthar MSc. PhD., selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membantu dalam terselesaikannya Tugas Akhir ini.
2. Bapak, Ibu, Saudara-saudaraku serta drg. Penny yang telah banyak membantu memberikan semangat kepada kami untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Teman-teman dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Akhirnya kami berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 1984

Penulis

ALFA FEBRIANTORO

3903100932

DAFTAR ISI

A B S T R A K

KATA PENGANTAR i

DAFTAR ISI ii

DAFTAR GAMBAR v

DAFTAR TABEL vii

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang 1

1.2. Permasalahan 2

1.3. Maksud, tujuan, dan manfaat 3

1.4. Lingkup pembahasan 4

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perkerasan lentur secara umum 5

2.2. Struktur perkerasan lentur 5

2.2.1. Lapis permukaan 6

2.2.2. Lapis pondasi atas 8

2.2.3. Lapis pondasi bawah 9

2.2.4. Tanah dasar 10

2.3. Perencanaan tebal perkerasan lentur cara

Bina Marga 11

2.3.1. Rumus dasar 12

2.3.2. Prosentase kendaraan pada jalur
rencana 14

2.3.3. Angka ekivalen 15

2.3.4. Lalu lintas harian rata-rata .. 22

2.3.5. Daya dukung tanah dasar	25
2.3.6. Faktor regional	27
2.3.7. Indeks permukaan	28
2.3.8. Koefisien kekuatan relatif ...	30
2.3.9. Indeks tebal perkerasan	31
2.3.10. Contoh perhitungan tebal perkerasan cara Bina Marga	33

BAB III. ANALISA KEKURANGAN PADA METODA PERENCANAAN

TEBAL PERKERASAN LENTUR CARA BINA MARGA

3.1. Prosentase kendaraan pada jalur rencana	47
3.2. Angka ekivalen	63
3.3. Lalu lintas harian rata-rata	79
3.4. Faktor regional	82
3.5. Indeks tebal perkerasan	86

BAB IV. PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN TEBAL PERKERASAN

LENTUR

4.1. Perhitungan perkerasan lentur yang diusulkan	94
4.2. Perbandingan hasil perhitungan tebal perkerasan lentur cara Bina Marga dengan cara yang diusulkan	108

BAB V. KESIMPULAN

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN - LAMPIRAN

1. Nomogram untuk mencari ITP	117
2. Perhitungan prosentase kendaraan	128
3. Angka ekivalen berdasarkan AASHTO (1986)	143

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Jumlah jalur menurut lebar perkerasan jalan	14
Tabel 2.2.	Prosentase kendaraan pada ja- lur rencana	15
Tabel 2.3.	Angka ekivalen	17
Tabel 2.4.	Angka ekivalen (berdasarkan konfigurasi sumbu dan type)	23
Tabel 2.5.	Faktor regional	27
Tabel 2.6.	Indeks permukaan pada akhir umur rencana	29
Tabel 2.7.	Indeks permukaan pada awal rencana	29
Tabel 2.8.	Koefisien kekuatan relatif	30
Tabel 2.9.	Batas-batas minimum tebal la- pisan permukaan	32
Tabel 2.10.	Batas-batas minimum tebal la- pisan pondasi atas	33
Tabel 3.1.	Perhitungan prosentase kenda- raan ringan pada jalur renca- na untuk 6 jalur 2 arah	53
Tabel 3.2.	Prosentase kendaraan pada ja- lur rencana setelah revisi	63
Tabel 3.3.	Perhitungan angka ekivalen single axle	67

Tabel 3.4.	Perhitungan angka ekuivalen tandem axle	71
Tabel 3.5.	Perhitungan angka ekuivalen triple axle	74
Tabel 3.6.	Angka ekuivalen berdasarkan konfigurasi sumbu dan type setelah revisi	80
Tabel 3.7.	Faktor regional setelah revisi	86
Tabel 3.8.	Kwalitas drainase	88
Tabel 3.9.	Koefisien kualitas drainase	88
Tabel 3.10.	Perbandingan antara tebal lapisan perkerasan untuk 2 kondisi drainase	91
Tabel 3.11.	Tebal minimum untuk tiap lapisan perkerasan	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Model perkerasan lentur (flexible pavement)	7
Gambar 2.2.	Pengaruh jumlah as truk terhadap kerusakan jalan	20
Gambar 2.3.	Pengaruh jumlah roda terhadap tingkat kerusakan jalan	21
Gambar 2.4.	Grafik korelasi CBR dan DDT ...	26
Gambar 2.5.	Grafik korelasi CBR dan Si	26
Gambar 3.1.	Prosentase kendaraan pada jalur rencana (C) untuk 2 jalur/arah	47
Gambar 3.2.	Prosentase kendaraan ringan pada jalur rencana untuk 2 jalur 1 arah	49
Gambar 3.3.	Prosentase kendaraan berat pada jalur rencana untuk 2 jalur 1 arah	49
Gambar 3.4.	Prosentase kendaraan ringan pada jalur rencana untuk 4 jalur 2 arah	50
Gambar 3.5.	Prosentase kendaraan berat pada jalur rencana untuk 4 jalur 2 arah	51
Gambar 3.6.	Faktor distribusi tiap jalur untuk kendaraan ringan pada jalan 6 jalur 2 arah	52

Gambar 3.7.	Faktor distribusi tiap jalur untuk kendaraan berat pada jalan 6 jalur 2 arah	58
Gambar 3.8.	Prosentase kendaraan ringan pada jalur rencana untuk 2 jalur 2 arah	58
Gambar 3.9.	Prosentase kendaraan ringan pada jalur rencana untuk 3 jalur 2 arah	59
Gambar 3.10.	Prosentase kendaraan berat pada jalur rencana untuk 3 jalur 2 arah	60
Gambar 3.11.	Prosentase kendaraan ringan pada jalur rencana untuk 5 jalur 2 arah	61
Gambar 3.12.	Prosentase kendaraan berat pada jalur rencana untuk 5 jalur 2 arah	61

BAB I

P E N D A H U L U A N

1.1. LATAR BELAKANG.

Jalan raya sebagai prasarana perhubungan darat sangatlah penting artinya bagi perkembangan suatu daerah dalam bidang ekonomi, sosial, politik dan keamanan. Kelancaran transportasi sangat bergantung dari kondisi jalan. Dengan bertambah parahnya kerusakan jalan maka kelancaran berlalu lintas akan terganggu, sehingga dapat berpengaruh terhadap perkembangan daerah sekitar jalan tersebut.

Salah satu faktor penyebab kerusakan jalan sebelum umur rencana tercapai adalah perhitungan tebal perkerasan lentur Bina Marga kurang sesuai dengan kenyataan dilapangan. Dalam hal ini bukanlah perhitungan tersebut salah, tetapi perhitungan tersebut kurang sesuai dengan keadaan dilapangan.

Sementara ini untuk mengurangi kerusakan jalan dan memperpanjang umur jalan, maka pihak Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum telah melaksanakan beberapa program, antara lain :

- Program peningkatan jalan
- Program pemeliharaan jalan
- Program rehabilitasi jalan

Dana yang diperlukan untuk melaksanakan program tersebut diatas sangat besar, maka perlu diadakan perbaikan perhitungan tebal perkerasan lentur cara Bina Marga. Dengan adanya perbaikan tebal perkerasan lentur, maka diharapkan dapat dikurangi biaya untuk melaksanakan program Bina Marga tersebut diatas.

1.2. P E R M A S A L A H A N.

Permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah bagaimana perhitungan tebal perkerasan lentur cara Bina Marga dapat mendekati keadaan dilapangan. Permasalahan yang akan dibahas, antara lain :

- a. Bagaimana menentukan distribusi kendaraan pada jalur rencana.
- b. Bagaimana menentukan angka ekivalen terhadap beban standard (8,16 ton).
- c. Bagaimana menentukan jumlah beban lalu lintas yang lewat pada jalan tersebut terhadap beban standard 8,16 ton (W_{18}).
- d. Bagaimana pengaruh faktor regional dan lokal terhadap perkerasan.
- e. Bagaimanakah urutan untuk menentukan tebal tiap lapisan perkerasan (ITP).

1.3. MAKSUD, TUJUAN, DAN MANFAAT.

Adapun maksud dari dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui kekurangan perhitungan tebal perkerasan lentur cara Bina Marga, sehingga dapat diusulkan perhitungan/perencanaan tebal perkerasan lentur yang lebih ekonomis. Kemudian, bila telah diketahui kekurangan pada cara Bina Marga tersebut, tujuan Tugas Akhir ini adalah memberikan usulan koreksi terhadap penentuan tebal perkerasan lentur cara Bina Marga, yaitu koreksi dalam hal :

- Koefisien distribusi kendaraan pada jalur rencana (C).
- Angka ekivalen (E) beban sumbu kendaraan.
- Cara menentukan jumlah beban lalu lintas terhadap beban standard (W_{ts}).
- Faktor regional (FR)
- Cara menghitung tebal tiap lapisan perkerasan jalan (ITP).

Adapun manfaat dari usulan perbaikan diatas antara lain adalah :

- Mengurangi kerusakan jalan dan mempertahankan sampai umur rencana jalan tercapai.
- Memberikan suatu pedoman perencanaan tebal perkerasan jalan yang lebih mudah dipahami oleh para pelaksana dan perencana jalan.

1.4. LINGKUP PEMBAHASAN.

Didalam Tugas Akhir ini, pembahasan hanya dibatasi pada lingkup cara perhitungan tebal perkerasan saja dan juga diberi contoh cara perhitungan tebal perkerasan yang diusulkan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. PERKERASAN LENTUR SECARA UMUM.

Perkerasan jalan adalah suatu konstruksi yang menahan beban lalu-lintas (beban kendaraan) yang lewat di atasnya, serta tahan terhadap cuaca yang terjadi.

Perkerasan lentur adalah suatu konstruksi yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat, sehingga mempunyai sifat lentur yang besar. Sifat lentur tersebut menyebabkan penyebaran beban oleh perkerasan pada tanah dasar (sub grade) tidak begitu luas, sehingga tegangan yang terjadi pada subgrade menjadi besar. Berkurangnya luasan penyebaran beban menyebabkan kekuatan tanah dasar memegang peranan yang cukup penting dalam mendukung konstruksi perkerasan lentur.

2.2. STRUKTUR PERKERASAN LENTUR.

Konstruksi perkerasan lentur merupakan suatu kesatuan yang terdiri dari lapisan permukaan (campuran agregat dan aspal) dan lapis pendukung yang dapat berupa :

- Batu pecah, gravel.
- Campuran agregat dan aspal.
- Lapisan beton.

- Blok-blok beton atau bahan-bahan lain.

Konstruksi perkerasan lentur tersebut berdiri di atas tanah dasar (subgrade).

Secara umum menurut AASHTO (1988) perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapisan, antara lain :

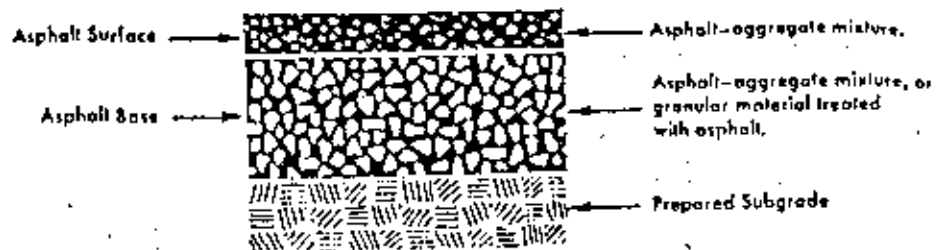
1. Lapis permukaan (surface course)
2. Lapis pondasi atas (base course)
3. Lapis pondasi bawah (subbase course)
4. Tanah dasar (subgrade)

Beberapa model perkerasan lentur dapat dilihat pada Gambar 2.1.

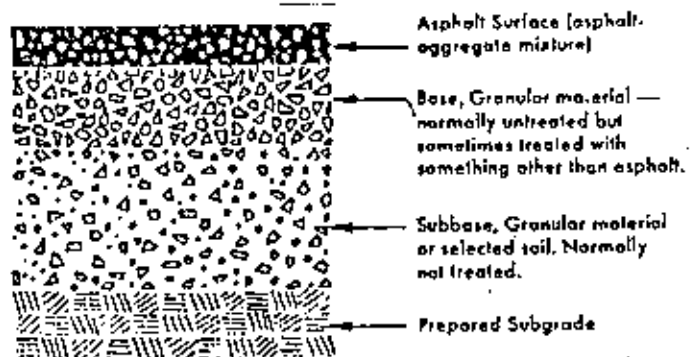
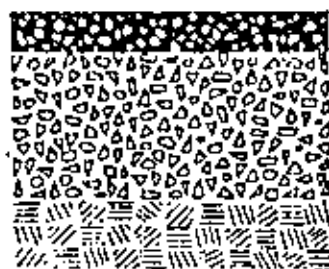
2.2.1. Lapis Permukaan (surface course).

Lapis permukaan merupakan lapisan dari konstruksi perkerasan lentur yang letaknya paling atas. Lapisan permukaan mempunyai peran yang penting karena lapisan ini berhubungan dengan roda kendaraan dan cuaca yang terjadi. Menurut Bina Marga (1987) fungsi lapisan permukaan adalah sebagai berikut :

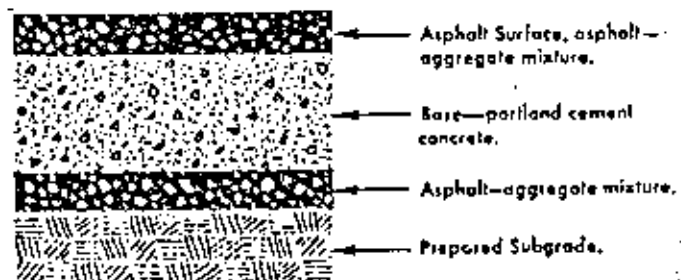
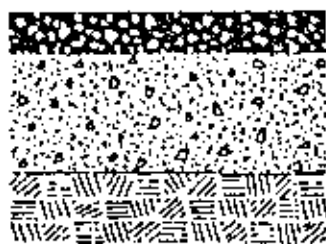
- a. Merupakan permukaan yang rata dan nyaman untuk dilewati kendaraan.
- b. Merupakan lapisan tahan aus (wearing course) yang diakibatkan oleh :
 - Gesekan roda kendaraan dan tekanan roda
 - Pengaruh cuaca dan iklim.



FULL DEPTH ASPHALT PAVEMENT



ASPHALT PAVEMENT WITH UNTREATED BASE (AND SUBBASE)



ASPHALT PAVEMENT WITH PORTLAND CEMENT CONCRETE OR COMBINED PORTLAND CEMENT CONCRETE AND ASPHALT BASE

Gambar 2.1. Model perkerasan lentur (Flexible Pavement).

- c. Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca.
- d. Lapisan yang kokoh sebagai penyebar tegangan roda ke lapisan di bawahnya.

Bahan untuk lapis permukaan umumnya adalah sama dengan bahan lapis pondasi, dengan persyaratan yang lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan permukaan dapat bersifat kedap air, disamping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik yang berfungsi mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas. Untuk pemilihan bahan untuk lapis permukaan, perlu dipertimbangkan kegunaannya, umur rencana, serta pentahapan konstruksi, agar dicapai manfaat yang sebesar-besarnya dari biaya yang dikeluarkan.

2.2.2. Lapis Pondasi Atas (base course).

Menurut Bina Marga (1987), fungsi lapis pondasi atas adalah sebagai berikut :

- a. Sebagai bagian dari perkerasan yang menahan beban roda (melalui lapis permukaan).
- b. Sebagai lapisan alas untuk tempat cengkeraman lapis permukaan terhadap gaya-gaya geser.

Bahan untuk lapis pondasi atas harus cukup kuat dan awet, sehingga dapat menahan beban-beban roda (melalui lapis permukaan). Sebelum bahan/material untuk

lapis pondasi atas digunakan, harus dilakukan test laboratorium, sehingga material tersebut memenuhi standard yang ditentukan (misalnya persyaratan AASHTO 1972 atau Bina Marga 1987). Bahan yang dapat digunakan antara lain : batu pecah, kerikil, dan bahan setempat ($CBR > 50\%$, $PI < 4\%$).

2.2.3. Lapis Pondasi Bawah (subbase course).

Adanya lapis ini dapat mengurangi ketebalan dari lapis pondasi atas, sehingga biaya untuk lapis pondasi lebih ekonomis. Menurut Bina Marga (1987), fungsi lapis pondasi bawah adalah :

- a. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
- b. Sebagai material tambahan yang relatif murah, agar lapisan-lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
- c. Sebagai lapisan filter (penahan) terhadap larinya butiran-butiran tanah halus kerongga diantara agregat base bila tanah dalam keadaan jenuh air.
- d. Sebagai lapisan drainase untuk air yang masuk dari surface atau dari bawah tanah.
- e. Sebagai lapis pertama untuk mendukung beban-beban kendaraan pada saat pelaksanaan. Hal ini

sehubungan dengan terlalu lemahnya daya dukung tanah dasar terhadap roda alat-alat besar atau karena kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca.

Bahan/material yang akan digunakan harus memenuhi standard yang ditentukan (misalnya persyaratan AASHTO 1972 atau Bina Marga 1983). Material yang dapat dipakai adalah sirtu atau tanah setempat ($CBR > 20\%$, $PI < 10\%$) yang lebih baik dari tanah dasar.

2.2.4. Tanah Dasar (subgrade).

Tanah dasar mempunyai peran yang penting dalam perencanaan tebal perkerasan lentur, karena luas penyebaran beban yang terjadi kecil.

Untuk tanah dasar yang kurang baik, maka dilakukan perbaikan mutu tanah dasar dengan cara stabilisasi tanah dasar. Ada beberapa cara untuk memperbaiki tanah dasar, antara lain :

- a. Stabilisasi kimia, yaitu perbaikan tanah secara kimiawi dengan cara mencampur tanah asli dengan bahan kapur, semen, dan bahan kimia yang lain.
- b. Stabilisasi mekanis, yaitu perbaikan tanah yang dilakukan dengan cara pemadatan atau dengan mencampur tanah asli dengan bahan yang lebih baik, kemudian dipadatkan.

- c. Menimbun muka tanah asli dengan bahan timbunan yang lebih baik.

Bahan tanah dasar, antara lain :

- a. Tanah asli setempat yang dipadatkan.
- b. Tanah urugan dari tempat lain yang umumnya berupa material yang lebih baik dari pada tanah setempat.

2.3. PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR (FLEXIBLE PAVEMENT) CARA BINA MARGA.

Didalam merencanakan tebal perkerasan lentur menurut Bina Marga (1987), harus diperhatikan beberapa faktor, antara lain :

- a. Beban dan jumlah lalu lintas (traffic) :
 - Prosentase kendaraan pada jalur rencana.
 - Jumlah sumbu (as) kendaraan dan beban sumbu (as) kendaraan.
 - Variasi jenis kendaraan yang lewat.
 - Jumlah lalu lintas perhari dan pertumbuhannya.
 - Umur rencana perkerasan.
- b. Kondisi tanah dasar.
- c. Iklim dan perubahan cuaca, juga kondisi lingkungan setempat dari segi air.
- d. Mudah atau tidaknya didapatkan bahan (material) perkerasan jalan pada lokasi tersebut.

2.3.1. Rumus Dasar.

Rumus dasar yang digunakan untuk mencari ITP pada buku pedoman penentuan tebal perkerasan lentur jalan raya (Bina Marga, 1983) adalah rumus dasar dari AASHTO (1971), rumus dasar tersebut adalah :

$$\text{Log } W_{18} = 9,36 \log (SN + 1) - 0,20 + \frac{G_t}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} \dots\dots (2.1)$$

Dimana : $G_t = \log \left[\frac{4,2 - P_t}{4,2 - 1,5} \right]$

Rumus dasar tersebut diatas hanya berlaku untuk kondisi lingkungan dan keadaan tanah dasar sesuai pada jalan yang diamati. Untuk dapat dipergunakan secara umum, maka harus dimasukkan faktor koreksi (faktor regional dan faktor daya dukung tanah).

Dengan adanya faktor koreksi, maka rumus dasar diatas menjadi :

$$\text{Log } W_{18} = 9,36 \log (SN + 1) - 0,2 + \frac{G_t}{0,4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + \log \frac{1}{F_R} + 0,372 (S_i - 3) \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

- W_{18} : Total Equivalent Axle Load (EAL) selama umur rencana.
- FR : Regional factor (faktor cuaca setempat).

- Si : Harga Soil Support, harganya dapat dikorelasi langsung dengan harga tanah subgrade dan perkerasan.
- Pt : Final serviceability performance dari perkerasan pada akhir umur rencana.
- SN : Structural Number (dalam inchi) dari perkerasan

Bila SN dinyatakan dalam ITP, dan Si dalam DDT (sesuai dengan Bina Marga, 1983), maka persamaan 2.2. berubah menjadi :

$$G_t = \log \left[\frac{IP_o - IP_t}{4,2 - 1,5} \right]$$

$$\log W_{tta} = 8,36 \log \left[\frac{ITP}{2,54} + 1 \right] - 0,2 + \frac{G_t}{0,4 + \frac{1094}{\left[\frac{ITP}{2,54} + 1 \right]^{5,19}}} +$$

$$\log \frac{1}{F_R} + 0,372 [(0,8618 \times DDT) - 3,0194)] \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

- G_t : Fungsi logaritma dari perbandingan antara kehilangan tingkat pelayanan dari IP = IP_o sampai IP_t dengan kehilangan tingkat pelayanan dari IP = 4,2 (IP_{oac}) sampai IP = 1,50.
- IP_o : Indeks permukaan mula-mula.
- IP_t : Indeks permukaan pada akhir umur rencana.
- ITP : Indeks Tebal Perkerasan dalam cm.

- DDT : Daya dukung tanah, harganya dapat dikorelasi Untuk mempermudah perhitungan, didalam buku pedoman penentuan tebal perkerasan lentur jalan raya (Bina Marga, 1987), Persamaan 2.3 telah disederhanakan menjadi Nomogram (dapat dilihat pada lampiran 1).

2.3.2. Prosentase Kendaraan Pada Jalur Rencana (C).

Jalur rencana adalah salah satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas jalur, maka jumlah jalur ditentukan dari lebar perkerasan sesuai Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Jumlah jalur menurut lebar perkerasan jalan.

(sumber : Bina Marga 1987).

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Jalur (n)
$L < 5,50 \text{ m}$	1 jalur
$5,50 \text{ m} < L < 8,25 \text{ m}$	2 jalur
$8,25 \text{ m} < L < 11,25 \text{ m}$	3 jalur
$11,25 \text{ m} < L < 15,00 \text{ m}$	4 jalur
$15,00 \text{ m} < L < 18,75 \text{ m}$	5 jalur
$18,75 \text{ m} < L < 22,00 \text{ m}$	6 jalur

Nilai prosentase kendaraan pada jalur rencana (C) dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Nilai C untuk kendaraan ringan dan berat

(Sumber : Bina Marga 1987).

JUMLAH JALUR	KENDARAAN RINGAN		KENDARAAN BERAT	
	1 ARAH	2 ARAH	1 ARAH	2 ARAH
1 jalur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 jalur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 jalur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 jalur		0,30		0,45
5 jalur		0,25		0,425
6 jalur		0,20		0,40

Keterangan :

- Kend. ringan : berat total < 5 ton (mobil penumpang, pick up, mobil hantaran).
- Kend. berat : berat total > 5 ton (bus, truck, semi trailer, trailer).

2.3.3. Angka Ekuivalen (E).

Perhitungan tebal perkerasan lentur (flexible pavement) cara Bina Marga adalah pada awalnya dibuat berdasarkan cara AASHTO (1971). Kedua cara tersebut menggunakan satuan lintasan beban sumbu 18.000 lbs. (8,16 ton) sebagai satu unit beban standard. Beban standard tersebut dalam AASHTO dikenal sebagai unit Equivalent Single Axle Load (ESAL). Satu ESAL (8,16 ton) bukanlah beban sumbu maksimum yang diijinkan untuk melewati perkerasan jalan tersebut. Unit ESAL digunakan sebagai patokan unit dalam merencanakan tebal perkerasan lentur.

Suatu perkerasan jalan umumnya direncanakan untuk mendukung bermacam-macam beban as kendaraan, mulai dari kendaraan yang ringan sampai kendaraan yang terberat. Dengan adanya bermacam-macam beban sumbu yang lewat, maka perlu adanya angka korelasi terhadap beban standard (8,16 ton). Angka korelasi tersebut didapat dari riset lapangan berdasarkan kerusakan yang ditimbulkan oleh satu unit ESAL (8,16 ton). Dari penyelidikan yang dilakukan oleh Kingham (1971) dan Van Till, dkk. (1972) selanjutnya diketahui suatu korelasi yang disebut sebagai Equivalent Damage Factor (EDF). EDF adalah jumlah lintasan yang diperlukan oleh satu unit ESAL (8,16 ton) untuk menghasilkan tingkat kerusakan pada perkerasan yang sama dengan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh sebuah beban gandar tertentu (misalkan W ton) melintas satu kali pada perkerasan jalan. Jadi misalnya suatu beban gandar W ton mempunyai $EDF = 5$, maka beban tersebut bila melintas satu kali akan menghasilkan tingkat kerusakan pada perkerasan yang sama dengan beban sumbu standard (8,16 ton) melintas sebanyak 5 kali.

Biasanya $EDF > 1$ bila $W > 8,16$ ton dan $EDF < 1$ bila $W < 8,16$ ton. Harga-harga EDF ini kemudian dipakai sebagai angka korelasi antara sebuah beban gandar kendaraan dengan unit Equivalent Single Axle Load. Didalam Bina Marga perumusan EDF tersebut telah

disederhanakan seperti persamaan dibawah ini.

- a. Equivalent Damage Factor untuk sumbu tunggal (single axles) :

$$E = \left[\frac{\text{beban satu sumbu tunggal dalam kg}}{8160} \right]^4 \dots\dots\dots(2.4)$$

- b. Equivalent Damage Factor untuk sumbu ganda (tandem axles) :

$$E = \left[\frac{\text{beban satu sumbu ganda dalam kg}}{8160} \right]^4 0,086\dots(2.5)$$

Untuk mempermudah perhitungan, Bina Marga telah menyediakan tabel untuk mencari angka ekuivalen berdasarkan beban satu sumbu dalam satuan Kg. dan Lbs.

Tabel 2.3. Angka ekuivalen (E)

(Sumber : Bina Marga 1987).

BEBAN SATU SUMBU		ANGKA EKIVALEN	
Kg.	Lbs.	SUMBU TUNGGAL	SUMBU GANDA
1000	2205	0,0002	
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,0050
5000	11023	0,1410	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466

Lanjutan Tabel 2.3.

BEBAN SATU SUMBU		ANGKA EKIVALEN	
Kg.	Lbs.	SUMBU TUNGGAL	SUMBU GANDA
8000	17637	0,9238	0,0794
8160	18000	1,0000	0,0860
9000	19641	1,4798	0,1273
10000	22046	2,2555	0,1940
11000	24251	3,3022	0,2640
12000	26455	4,6670	0,4022
13000	28660	6,4419	0,5540
14000	30864	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4184	0,9620
16000	35276	14,7815	1,2712

Didalam Bina Marga, perumusan Equivalent Damage Factor (EDF) pada kenyataannya bukan hanya fungsi dari beban as kendaraan saja seperti pada Persamaan 2.8 dan 2.9, tetapi EDF merupakan fungsi dari :

a. Konfigurasi roda kendaraan seperti :

- Jumlah roda per as
- Jumlah as per gandar
- Jarak roda
- Tekanan angin pada roda
- Luas bidang kontak roda
- dan lain-lain

b. Kondisi perkerasan jalan

Sebagai gambaran, dapat dilihat pada Gambar 2.2 (dari Bulletin Wisconsin Dept. of Transportation,

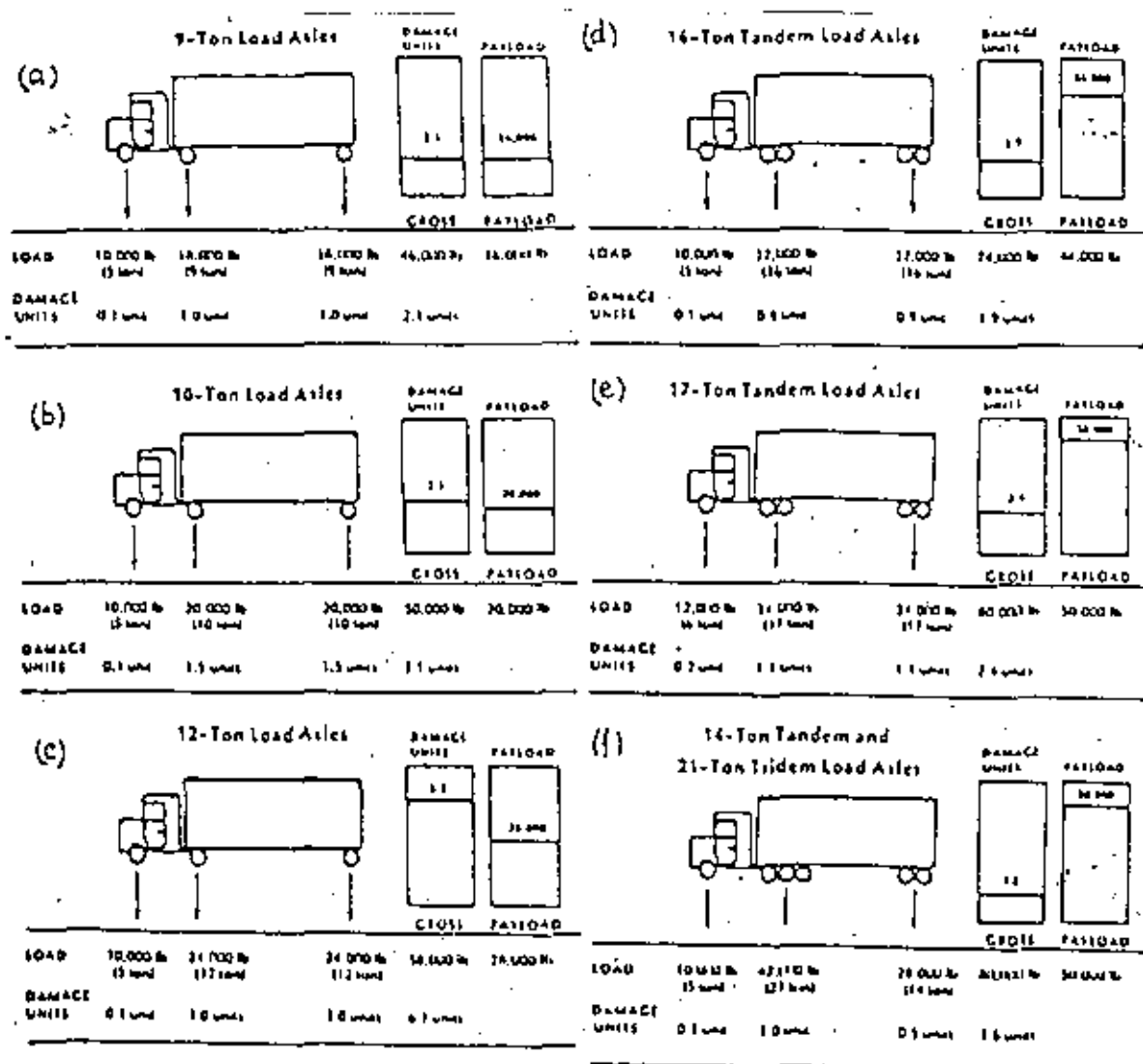
1979). Pada gambar (2.2-e) terlihat truk dengan as tandem muatannya 50.000 lb. menghasilkan damage unit 2,4. Bila dibandingkan dengan Gambar (2.2-b) terlihat truk dengan as single muatannya 20.000 lb. menghasilkan damage unit 3,1. Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa, dengan adanya penambahan beban truk belum tentu menambah nilai EDF-nya, asalkan jumlah sumbu roda truk ditambah (jumlah rodanya bertambah).

Truk pada Gambar (2.2-a), (2.2-b), dan (2.2-c) akan lebih merusak paerkerasan jalan dari pada truk pada Gambar (2.2-d), (2.2-e), dan (2.2-f) walaupun muatannya jauh lebih besar.

Demikian juga dengan truk dengan roda tunggal. Beban ESAL adalah beban pada 1 as dengan roda rangkap per sisi (4 buah roda) seperti Gambar (2.3-a). Bila roda pada 1 as tersebut hanya 2 buah, nilai EDF pada perkerasan akan meningkat drastis. Jadi bila ada truk kecil dengan roda tunggal pada masing-masing sisi as (Gambar 2.3-b), ada kemungkinan truk tersebut menghasilkan tingkat kerusakan yang lebih besar terhadap perkerasan jalan dengan truk berat dengan as roda rangkap.

Didalam Bina Marga ada 2 cara untuk mencari angka ekivalen (Equivalent Damage Factor), yaitu :

- a. Menurut Bina Marga (1979), menggunakan tabel angka ekivalen berdasarkan konfigurasi sumbu kendaraan.



Gambar 2.2. Pengaruh Jumlah as truck terhadap kerusakan perkerasan jalan.

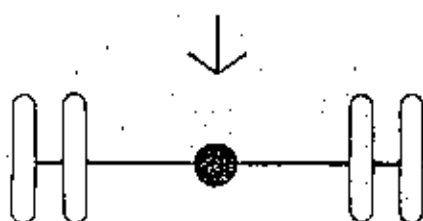
(Sumber : Bulletin Wisconsin Dept. of Transportation, 1979).

E D F = 1 unit

8.16 ton



8.16 ton



4.08 ton

4.08 ton

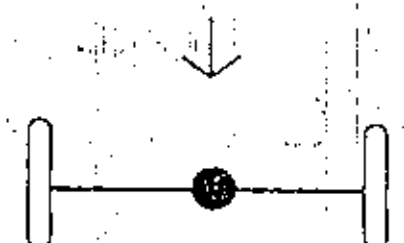
a). As standart dengan roda rangkap

E D F > 1 unit

6.00 ton



6.00 ton



3.00 ton

3.00 ton

b). As dengan roda tunggal

Gambar 2.3. Pengaruh jumlah roda terhadap tingkat kerusakan jalan (Equivalent Damage Factor).

Bina Marga sudah menyediakan tabel angka ekivalen untuk berbagai jenis kendaraan dan sumbu kendaraan (dapat dilihat pada Tabel 2.4). Didalam Tabel 2.4. dibedakan antara muatan kosong dan muatan penuh.

- b. Menurut Bina Marga (1987). menghitung ekivalen beban-beban as setiap kendaraan terhadap beban sumbu tunggal 8,16 ton, rumus yang dipakai adalah Persamaan 2.4 dan 2.5. Setelah dihitung angka ekivalen masing-masing beban sumbu setiap kendaraan yang lewat, kemudian angka ekivalen tersebut dijumlahkan untuk setiap kendaraan. Untuk lebih mudahnya, Bina Marga telah menyediakan tabel angka ekivalen untuk tiap satuan beban sumbu, dapat dilihat pada Tabel 2.3.

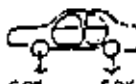
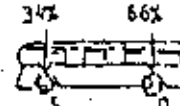
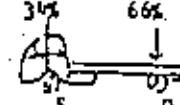

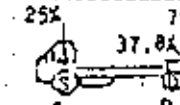
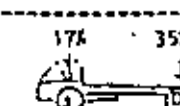
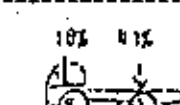
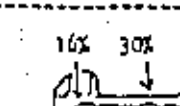
2.3.4. Lalu-Lintas Harian Rata-Rata (LHR).

Lalu lintas harian rata-rata adalah jumlah rata-rata kendaraan / lalu lintas yang lewat dalam satu hari (24 jam). Didalam perhitungan tebal perkerasan, yang diperhitungkan adalah Lintas Ekivalen Rata-Rata (LER). Tahapan / cara menentukan LER adalah sebagai berikut :

- a. Menghitung LHR pada awal dan akhir umur rencana berdasarkan faktor pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana.
- b. Menghitung angka ekivalen (E) masing-masing golongan berdasarkan beban sumbu setiap kendaraan (angka

Tabel 2.4. Angka ekivalen

(Sumber : Bina Harga 1979).

Konfigurasi Sumbu & Tipe	Berat Kosong (ton)	Beban muatan Maksimum (ton)	Berat Total Maksimum (ton)	AE B, 16 ton (= E) Muatan kosong	AE B, 16 ton (= E) Muatan maksimum	Keterangan :
						(S) Roda tunggal pada ujung sumbu (D) Roda ganda pada ujung sumbu
1.1. MP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0004	
1.2. Bus	3	6	9	0,0037	0,3006	
1.2L Truck	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	
1.2H Truck	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264	
1.22 Truck	5	20	25	0,0044	2,7415	
1.2+2.2 Trailer	6,4	25	31,4	0,0005	4,9283	
1.2 - 2 Trailer	6,2	20	26,2	0,0192	6,1179	
1.2-22 Trailer	10	32	42	0,0327	10,193	

ekivalen dapat dilihat pada Tabel 2.3).

- c. Menentukan koefisien distribusi kendaraan (prosentase kendaraan pada jalur rencana) berdasarkan kendaraan berat, kendaraan ringan, berapa arah, dan jumlah jalur.
- d. Menghitung Lintas Ekivalen Permulaan (LEP), jumlah lalu lintas yang lewat pada awal umur rencana, dengan rumus :

$$LEP = \sum_{j=1}^k [(LHR_0)_j \times C_j \times E_j] \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana : - LHR₀ = LHR pada awal umur rencana.

- C = Koef. distribusi kendaraan.

- E = Angka ekivalen.

- j = Jenis / type kendaraan atau besarnya muatan as kendaraan yang melintas.

- e. Menghitung Lintas Ekivalen Akhir (LEA), jumlah lalu lintas yang lewat pada akhir umur rencana, dengan rumus :

$$LEA = \sum_{j=1}^k [(LHR_0)_j (1+i)^{ur} \times C_j \times E_j] \dots\dots (2.7)$$

Dimana : - LHR₀ = LHR pada awal umur rencana.

- C = Koef. distribusi kendaraan.

- E = Angka ekivalen.
- j = Jenis / type kendaraan atau besarnya muatan as kendaraan yang melintas.
- i = Pertumbuhan lalu lintas.
- Ur = Umur rencana.

f. Menghitung Lintas Ekivalen Tengah (LET), dengan rumus :

$$LET = 0,5 (LEP \times LEA) \dots\dots\dots (2.8)$$

g. Menghitung Lintas Ekivalen Rencana (LER), jumlah lalu lintas yang dipakai sebagai rencana, dengan rumus :

$$LER = LET \times FP \dots\dots\dots (2.9)$$

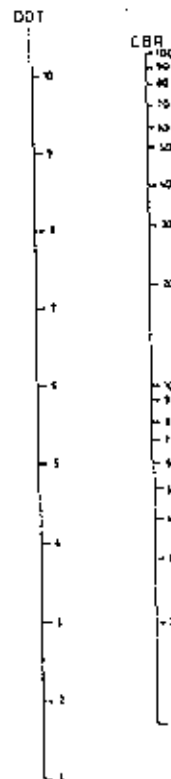
D i m a n a :

$$\begin{aligned}
 - FP &= \text{faktor penyesuaian} \\
 &= \frac{\text{umur rencana}}{10}
 \end{aligned}$$

2.3.5. Daya Dukung Tanah Dasar (DDT).

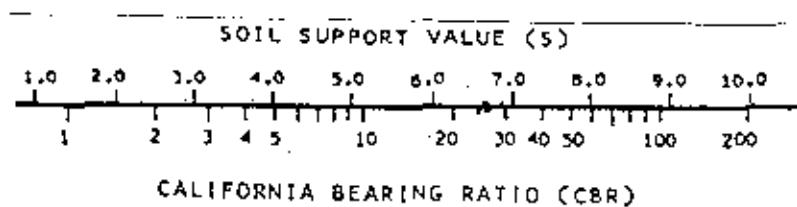
Daya dukung tanah dasar, menurut Bina Marga (1983), besarnya ditetapkan berdasarkan korelasi nilai CBR terhadap nilai daya dukung tanah (Gambar 2.4). Yang dimaksud nilai CBR adalah nilai CBR dilapangan atau dilaboratorium. Dari nilai CBR rata-rata yang ada, kemudian dicari besarnya DDT dari Gambar 2.4. Misalnya untuk tanah subgrade dengan nilai CBR=8 didapatkan harga DDT = 5,50.

Menurut AASHTO (1971) daya dukung tanah dasar (S_i), besarnya ditetapkan berdasarkan korelasi CBR dengan S_i (dapat dilihat pada gambar 2.5.).



Gambar 2.4. Grafik Korelasi CBR dan DDT

(Sumber : Bina Marga, 1987.)



Gambar 2.5. Grafik korelasi CBR dan S_i

(Sumber : AASHTO, 1971).

2.3.6. Faktor Regional.

Faktor regional dimaksudkan sebagai faktor koreksi penyesuaian kondisi di Amerika (AASHTO) dengan kondisi di Indonesia (Bina Marga). Menurut Bina Marga (1987) yang dimaksud dengan kondisi adalah keadaan lapangan dan iklim yang dapat mempengaruhi keadaan pembebanan, daya dukung tanah dasar, dan perkerasan jalan. Faktor regional meliputi faktor koreksi dari bentuk alinyemen (kelandaian dan tikungan), prosentase kendaraan berat, serta iklim (curah hujan). Tabel faktor regional dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Faktor regional (FR)

(Sumber : Bina Marga 1987).

	Kelandaian I (< 6%)		Kelandaian II (6-10%)		Kelandaian III (> 10%)	
	% kendaraan berat		% kendaraan berat		% kendaraan berat	
	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%
Iklim I < 900 mm/th.	0,5	1,0-1,5	1,0	1,5-2,0	1,5	2,0-2,5
Iklim II > 900 mm/th.	1,5	2,0-2,5	2,0	2,5-3,0	2,5	3,0-3,5

Catatan: Pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari-jari 30 m) FR ditambah dengan 0,5. Pada daerah rawa-rawa FR ditambah dengan 1,0.

2.3.7. Indeks Permukaan (IP).

Indeks permukaan adalah suatu nilai yang menyatakan kerataan / kehalusan serta kekokohan permukaan jalan, yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Menurut Bina Marga (1987), besarnya nilai Indeks Permukaan bermacam-macam, antara lain :

- a. IP = 1,0 menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan.
- b. IP = 1,5 adalah tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus).
- c. IP = 2,0 adalah tingkat pelayanan terendah bagi jalan yang masih mantap, tetapi jalan sudah memerlukan perbaikan besar.
- d. IP = 2,5 menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik, tetapi jalan tersebut sudah memerlukan perawatan berat.

Dalam menentukan nilai indeks permukaan akhir umur rencana (IP), perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lalu lintas ekuivalen rencana (LER). Nilai IP dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Indeks Permukaan pada akhir umur rencana

(Sumber : Bina Marga 1987).

LER = LINTAS EKIVALEN RENCANA	KLASIFIKASI JALAN			
	LOKAL	KOLEKTOR	ARTERI	TOL
< 10	1,0 - 1,5	1,5	1,5 - 2,0	-
10 - 100	1,5	1,5 - 2,0	2,0	-
100 - 1000	1,5 - 2,0	2,0	2,0 - 2,5	-
> 1000	-	2,0 - 2,5	2,5	2,5

Menurut Bina Marga (1987), untuk menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan / kehalusan serta kekokohan). Daftar indeks permukaan pada awal umur rencana dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7. Indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo)

(Sumber : Bina Marga 1987).

JENIS LAPIS PERKERASAN	IPo	ROUGHNESS (mm/km)
LASTON	> 4	< 1000
	3,9 - 3,5	> 1000
LASBUTAG / HRA	3,9 - 3,5	< 2000
	3,4 - 3,0	> 2000
BURDA	3,9 - 3,5	< 2000
BURTU	3,4 - 3,0	< 2000
LAPEN	3,4 - 3,0	< 3000
	2,9 - 2,5	> 3000
LATASBUM / BURAS / LATASIR	2,9 - 2,5	-
JALAN TANAH	< 2,4	-
JALAN KERIKIL	< 2,4	-

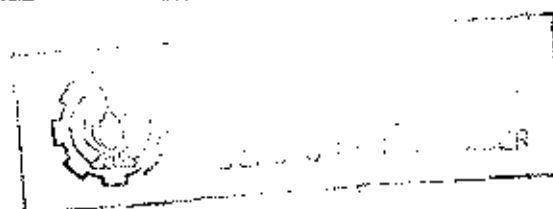
2.3.8. Koefisien Kekuatan Relatif (a).

Koefisien kekuatan relatif adalah kekuatan masing-masing bahan sebagai lapis permukaan, pondasi atas, pondasi bawah yang dikorelasi terhadap nilai Marshall Test (untuk bahan dengan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapur), dan CBR (untuk bahan lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah). Menurut Bina Marga (1987), besarnya koefisien kekuatan relatif dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8. Koefisien kekuatan relatif

(Sumber : Bina Marga 1987).

KOEK KKKUATAN RELATIF			KEKUATAN BAHAN			JENIS BAHAN
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt (kg/cm ²)	CBR (%)	
0.40			744			LASTON
0.35			590			
0.32			454			
0.30			340			
0.35			744			LASBUTAG
0.31			590			
0.28			454			
0.26			340			
0.30			340			Hot Rolled Asphalt
0.26			340			Aspal Macadam
0.25						LAPEN (mekanis)
0.20						LAPEN (manual)
	0.28		590			LASTON ATAS
	0.26		454			
	0.24		340			



Lanjutan Tabel 2.8.

KOEF. KEKUATAN RELATIF			KEKUATAN BAHAN			JENIS BAHAN
a1	a2	a3	MS kgf	KI (kg/cm ²)	CBR (%)	
	0.23					LAPEN (mekanis)
	0.19					LAPEN (manual)
	0.15			22		Grab tanah dengan semen
	0.13			18		
	0.15			22		Grab tanah dengan kapur
	0.13			18		
	0.14				100	Batu pecah (kelas A)
	0.13				90	Batu pecah (kelas B)
	0.12				60	Batu pecah (kelas C)
		0.13			70	Sirtu/pitrun (kelas A)
		0.12			50	Sirtu/pitrun (kelas B)
		0.11			30	Sirtu/pitrun (kelas C)
		0.10			20	Tanah/liempung kapasiran

2.3.9. Indeks Tebal Perkerasan (ITP).

Indeks tebal perkerasan adalah suatu nilai yang berhubungan dengan penentuan tebal perkerasan. Dalam perencanaan ini, faktor yang harus diperhitungkan adalah :

- Kondisi lalu lintas selama periode yang direncanakan.
- Subgrade dan material yang ada.
- Faktor lingkungan yang mempengaruhi sifat-sifat perkerasan dan pelayanan yang diberikan.

Untuk mencari tebal tiap lapisan perkerasan dipakai persamaan sebagai berikut :

$$ITP = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

- a_1, a_2, a_3 : Koefisien kekuatan relatif material.
- D_1, D_2, D_3 : Tebal masing - masing lapis perkerasan.
- Angka 1,2,3 : Index untuk lapis perkerasan berturut-turut untuk lapis, permukaan, lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah.

Untuk mencari nilai kekuatan relatif (a_i) dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tebal masing-masing lapisan (D_i) ditentukan harga minimumnya sesuai dengan harga ITP yang ada dan berkaitan dengan material yang digunakan. Untuk harga tebal minimum masing-masing lapisan (lapis permukaan, lapis pondasi atas, dan lapis pondasi bawah) dapat dilihat pada Tabel 2.9. dan Tabel 2.10.

Tabel 2.8. Batas-batas minimum tebal lapisan permukaan
(Sumber : Bina Marga 1987).

ITP	TEBAL MINIMUM (cm)	JENIS BAHAN
< 3,00	5	Lapis pelindung : Buras/Burtu/Burda
3,00 - 6,70	5	LAPEN/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
6,71 - 7,49	7,5	LAPEN/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
7,50 - 9,99	7,5	Asbuton, Laston
> 10,00	10	Laston

Tabel 2.10. Batas-batas minimum tebal lapisan pondasi atas
(Sumber : Bina Marga 1987).

ITP	TEBAL MINIMUM (cm)	JENIS BAHAN
< 3,00	15	Batu pecah, Stab. tanah dengan semen Stab. tanah dengan kapur
3,00 - 7,49	20	Batu pecah, Stab. tanah dengan semen Stab. tanah dengan kapur
	10	LASTON ATAS
7,50 - 9,99	20	Batu pecah, Stab. tanah dengan semen, Stab. tanah dg. kapur, Pondasi macadam
	15	LASTON ATAS
10,00 - 12,24	20	Batu pecah, Stab. tanah dengan semen, Stab. tanah dg. kapur, Pondasi macadam
		LASTON ATAS, LAPEN
> 12,25	25	Batu pecah, Stab. tanah dengan semen, Stab. tanah dg. kapur, Pondasi macadam LASTON ATAS, LAPEN

Batas minimum tebal lapisan pondasi bawah :

Untuk setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah tebal minimum adalah : 10 cm.

2.3.9. CONTOH PERHITUNGAN TEBAL PERKERASAN LENTUR CARA BINA MARGA (1987).

Untuk memperjelas cara perhitungan tebal perkerasan lentur cara Bina Marga, maka dibawah ini dibuat contoh penggunaan perhitungan untuk lalu lintas rendah dan lalu lintas tinggi (sumber : Bina Marga 1987).

A. Lalu - Lintas Rendah.

1. Rencanakan :

Tebal perkerasan untuk jalan 2 jalur, data lalu lintas tahun 1981 seperti dibawah ini, dan umur rencana :

a. 5 tahun ; b. 10 tahun.

Jalan dibuka tahun 1985 (i selama pelaksanaan = 5% per tahun).

Faktor regional = 1,0 ; CBR tanah dasar = 3,4%.

2. D a t a - d a t a :

- Kendaraan ringan 2 ton = 90 kendaraan
- B u s 8 ton = 3 kendaraan
- Truk 2 as 10 ton = 2 kendaraan

$$\text{LHR 1981} = 95 \text{ kend./hari/2jurusan}$$

- Perkembangan lalu lintas (i) :

- Untuk 5 tahun = 8% per tahun.
- Untuk 10 tahun = 6% per tahun.

- Bahan-bahan perkerasan :

- Pelaburan (lapis pelindung), LAPEN mekanis
- Batu pecah (CBR 50)
- Tanah kepasiran (CBR 20)

3. P e n y e l e s a i a n :

a. LHR pada tahun 1985 (awal umur rencana), dengan rumus $(1 + i)^n$:

- Kendaraan 2 ton = 109,40 kendaraan
- Bus 8 ton = 3,80 kendaraan

- Truk 2 as 10 ton = 2,40 kendaraan

b. LHR pada tahun ke 5, dengan rumus $(1 + i)^n$:

- Kendaraan 2 ton = 160,70 kendaraan

- Bus 8 ton = 5,30 kendaraan

- Truk 2 as 10 ton = 3,50 kendaraan

LHR pada tahun ke 10 (akhir umur rencana), dengan rumus $(1 + i)^n$:

- Kendaraan 2 ton = 195,90 kendaraan

- Bus 8 ton = 6,40 kendaraan

- Truk 2 as 10 ton = 4,30 kendaraan

c. Menghitung angka ekivalen (E) masing-masing kendaraan, adalah sebagai berikut :

- Kendaraan 2 ton = $0,0002 + 0,0002 = 0,0004$

- B u s 8 ton = $0,0183 + 0,1410 = 0,1593$

- Truk 2 as 10 ton = $0,0577 + 0,2923 = 0,3500$

d. Menghitung Lintas Ekivalen Permulaan (LEP) :

- Kendaraan 2 ton = $0,5 \times 109,4 \times 0,0004 = 0,022$

- B u s 8 ton = $0,5 \times 3,6 \times 0,1593 = 0,287$

- Truk 2 as 10 ton = $0,5 \times 2,4 \times 0,3500 = 0,420$

LEP = 0,729 +

e. Menghitung Lintas Ekivalen Akhir (LEA) :

* Untuk tahun ke 5 :

- Kendaraan 2 ton = $0,5 \times 160,7 \times 0,0004 = 0,032$

- B u s 8 ton = $0,5 \times 5,3 \times 0,1593 = 0,422$

$$\begin{aligned}
 - \text{Truk 2 as 10 ton} &= 0,5 \times 3,5 \times 0,3500 = 0,612 \\
 &\quad \text{LEA}_5 = 1,066 +
 \end{aligned}$$

* Untuk tahun ke 10 :

$$\begin{aligned}
 - \text{Kendaraan ringan} &= 0,5 \times 195,9 \times 0,0004 = 0,032 \\
 - \text{Bus 8 ton} &= 0,5 \times 6,4 \times 0,1593 = 0,422 \\
 - \text{Truk 2 as 10 ton} &= 0,5 \times 4,3 \times 0,3500 = 0,612 \\
 &\quad \text{LEA}_{10} = 1,066 +
 \end{aligned}$$

f. Menghitung Lintas Ekuivalen Tengah (LET) :

$$\begin{aligned}
 - \text{LET}_5 &= 1/2 (\text{LEP} + \text{LEA}_5) \\
 &= 1/2 (0,729 + 1,066) \\
 &= 0,900. \\
 - \text{LET}_{10} &= 1/2 (\text{LEP} + \text{LEA}_{10}) \\
 &= 1/2 (0,729 + 1,301) \\
 &= 1,010.
 \end{aligned}$$

g. Menghitung Lintas Ekuivalen Rencana (LER) :

$$\begin{aligned}
 - \text{LER}_5 &= \text{LET}_5 \times \text{UR}/10 = 0,90 \times 5/10 = 0,45 \\
 - \text{LER}_{10} &= \text{LET}_{10} \times \text{UR}/10 = 1,01 \times 10/10 = 1,01
 \end{aligned}$$

h. Mencari ITP :

- CBR tanah dasar = 3,4% , dari Gambar 2.4 didapat harga DDT = 4,00.
- Faktor Regional = 1,0 ; IP = 1,50.
- Jenis lapis perkerasan :
 - * lapis pelindung, dari Tabel 2.7 dapat diketahui harga IPo : 2,90 - 2,50.
 - * L A P E N, dari Tabel 2.7 dapat diketahui harga

$$IP_0 = 3,40 - 3,00.$$

- Dari data diatas, dengan menggunakan nomogram (Lampiran 1, gambar 7 dan 6) dapat dicari harga \overline{ITP} untuk tahun ke 5 yaitu 2,8 ($\overline{ITP}_5 = 2,8$) dan tahun ke 10 yaitu 3,2 ($\overline{ITP}_{10} = 3,2$).

i. Menetapkan tebal perkerasan untuk umur rencana 5 tahun :

- Rumus yang dipakai : $\overline{ITP} = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$
- Mencari besarnya koefisien kekuatan relatif (a) :
 - * Lapisan pelindung (pelaburan), dari Tabel 2.8 didapat $a_1 = 0,00$.
 - * Batu pecah (CBR 50), dari Tabel 2.8, didapat $a_2 = 0,12$.
 - * Tanah kepasiran (CBR = 20), dari Tabel 2.8 didapat $a_3 = 0,10$.
- Dari data tersebut maka untuk umur rencana 5 tahun, persamaan 2.10 menjadi :

$$2,80 = 0,12 D_2 + 0,10 D_3$$

- Untuk umur rencana 5 tahun, tebal perkerasannya adalah (tiap lapisan) :

* Batas minimum tebal lapisan untuk $\overline{ITP} = 2,80$

adalah : # Batu pecah (CBR 50) = 15 cm

Tanah kepasiran (CBR 20) = 10 cm

- * Dari data tersebut maka persamaan 2.10 menjadi :

$$2,80 = 0,12 D_2 + 0,10 D_3$$

$$2,80 = 0,12 D_2 + (0,10 \times 10)$$

$$D_2 = 15 \text{ cm (minimum)}.$$

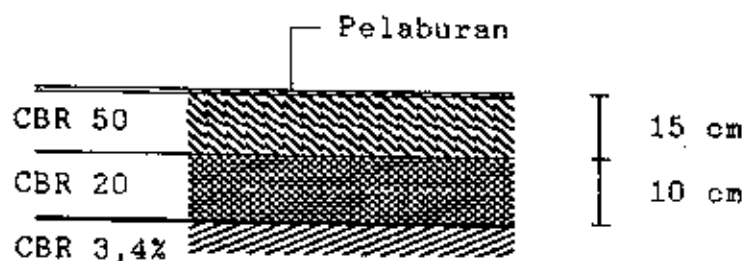
- Susunan perkerasannya adalah :

* Lap. pelindung (pelaburan)

* Batu pecah (CBR 50) : 15 cm.

* Tanah kepasiran (CBR 20) : 10 cm.

* Gambar susunan perkerasannya adalah :



k. Menetapkan tebal perkerasan untuk umur rencana 10 tahun :

- Rumus yang dipakai : $\overline{ITP} = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$

- Mencari besarnya koefisien kekuatan relatif (a) :

* Lapisan pelindung (pelaburan), dari Tabel 2.8 didapat $a_1 = 0,25$.

* Batu pecah (CBR 50), dari Tabel 2.8, didapat $a_2 = 0,12$.

* Tanah kepasiran (CBR = 20), dari Tabel 2.8 didapat $a_3 = 0,10$.

- Dari data tersebut maka untuk umur rencana 10 tahun, persamaan 2.10 menjadi :

$$3,20 = 0,25 D_1 + 0,12 D_2 + 0,10 D_3$$

- Untuk umur rencana 10 tahun, tebal perkerasannya adalah (tiap lapisan) :

* Batas minimum tebal lapisan untuk $\overline{ITP} = 3,20$

adalah : # LAPEN mekanis = 5 cm

Batu pecah (CBR 50) = 15 cm

Tanah kepasiran (CBR 20) = 10 cm

* Dari data tersebut maka persamaan 2.10 menjadi :

$$3,20 = 0,25 D_1 + 0,12 D_2 + 0,10 D_3$$

$$3,20 = (0,25 \times 5) + (0,12 \times 15) + 0,10 D_3$$

$$D_3 = 1,5 \text{ cm} \longrightarrow \text{karena tebalnya lebih}$$

kecil dari tebal minimum

(10 cm), maka diambil

$$D_3 = 10 \text{ cm.}$$

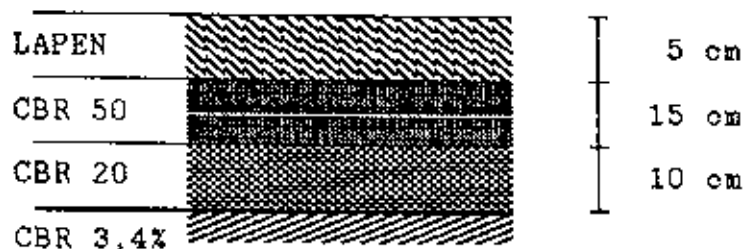
- Susunan perkerasannya adalah :

* LAPEN mekanis : 5 cm.

* Batu pecah (CBR 50) : 15 cm.

* Tanah kepasiran (CBR 20) : 10 cm.

* Gambar susunan perkerasannya adalah :



B. Lalu - Lintas Tinggi.

1. Rencanakan :

Tebal perkerasan untuk jalan 2 jalur, data lalu lintas tahun 1981 seperti dibawah ini, dan umur rencana :

a. 10 tahun ; b. 20 tahun.

Jalan dibuka tahun 1985 (i selama pelaksanaan = 5% per tahun).

Faktor regional = 1,0 ; CBR tanah dasar = 3,4%.

2. D a t a - d a t a :

- Kendaraan ringan 2 ton = 1000 kendaraan
- B u s 8 ton = 300 kendaraan
- Truk 2 as 13 ton = 50 kendaraan
- Truk 3 as 20 ton = 30 kendaraan
- Truk 5 as 30 ton = 10 kendaraan

LHR 1981 = 1390 kend./hari/2jurusan

- Perkembangan lalu lintas (i) :

- Untuk 10 tahun = 8% per tahun.

- Untuk 20 tahun = 8% per tahun.

- Bahan-bahan perkerasan :

- Asbuton (MS 744)

- Batu pecah (CBR 100)

- S i r t u (CBR 20)

3. P e n y e l e s a i a n :

a. LHR pada tahun 1985 (awal umur rencana), dengan rumus $(1 + i)^n$:

- Kendaraan 2 ton = 1215,50 kendaraan
- Bus 8 ton = 384,70 kendaraan
- Truk 2 as 13 ton = 80,80 kendaraan
- Truk 3 as 20 ton = 38,50 kendaraan
- Truk 5 as 30 ton = 12,20 kendaraan

b. LHR pada tahun ke 10, dengan rumus $(1 + i)^n$:

- Kendaraan 2 ton = 2824,20 kendaraan
- Bus 8 ton = 787,40 kendaraan
- Truk 2 as 13 ton = 131,30 kendaraan
- Truk 3 as 20 ton = 78,80 kendaraan
- Truk 5 as 30 ton = 26,30 kendaraan

LHR pada tahun ke 20 (akhir umur rencana), dengan rumus $(1 + i)^n$:

- Kendaraan 2 ton = 3898,30 kendaraan
- Bus 8 ton = 1189,60 kendaraan
- Truk 2 as 13 ton = 195,00 kendaraan
- Truk 3 as 20 ton = 117,10 kendaraan
- Truk 5 as 30 ton = 39,10 kendaraan

c. Menghitung angka ekivalen (E) masing-masing kendaraan, adalah sebagai berikut :

- Kendaraan 2 ton = 0,0002 + 0,0002 = 0,0004
- B u s 8 ton = 0,0183 + 0,1410 = 0,1593
- Truk 2 as 13 ton = 0,1410 + 0,9238 = 1,0648
- Truk 3 as 20 ton = 0,2923 + 0,7452 = 1,0375
- Truk 5 as 30 ton = 1,0375 + 2 (0,1410) = 1,3195

d. Menghitung Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) :

- | | | |
|--------------------|-------------------------|----------|
| - Kendaraan 2 ton | = 0,5 x 1215,5 x 0,0004 | = 0,243 |
| - Bus 8 ton | = 0,5 x 364,7 x 0,1593 | = 29,046 |
| - Truk 2 as 13 ton | = 0,5 x 60,8 x 1,0648 | = 32,370 |
| - Truk 3 as 20 ton | = 0,5 x 36,5 x 1,0375 | = 18,934 |
| - Truk 5 as 30 ton | = 0,5 x 12,2 x 1,3195 | = 8,048 |
| | LEP | = 88,643 |

e. Menghitung Lintas Ekivalen Akhir (LEA) :

* Untuk tahun ke 10 :

- | | | |
|--------------------|---------------------------|---------|
| - Kendaraan 2 ton | = 0,5 x 2624,2 x 0,0004 = | 0,525 |
| - B u s 8 ton | = 0,5 x 787,4 x 0,1593 = | 62,717 |
| - Truk 2 as 13 ton | = 0,5 x 131,3 x 1,0848 = | 69,904 |
| - Truk 3 as 20 ton | = 0,5 x 78,8 x 1,0375 = | 40,878 |
| - Truk 5 as 30 ton | = 0,5 x 26,3 x 1,3195 = | 17,350 |
| | | <hr/> |
| | LEA 10 = | 191,373 |

* Untuk tahun ke 20 :

- | | | |
|--------------------|---------------------------|---------|
| - Kendaraan 2 ton | = 0,5 x 3898,3 x 0,0004 = | 0,780 |
| - B u s 8 ton | = 0,5 x 1169,6 x 0,1593 = | 93,159 |
| - Truk 2 as 13 ton | = 0,5 x 131,3 x 1,0648 = | 103,818 |
| - Truk 3 as 20 ton | = 0,5 x 117,1 x 1,0375 = | 60,746 |
| - Truk 5 as 30 ton | = 0,5 x 39,1 x 1,3195 = | 25,794 |
| | | <hr/> |
| | LEA 20 = | 248,297 |

f. Menghitung Lintas Ekuivalen Tengah (LET) :

- $$- \text{LET}_{10} = 1/2 \quad (\text{LEP} + \text{LEA}_{10})$$

$$= 1/2 (88,643 + 191,373)$$


$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$= 140.$$

$$\begin{aligned} - \text{LET}_{20} &= 1/2 (\text{LEP} + \text{LEA}_{20}) \\ &= 1/2 (88,843 + 248,297) \\ &= 186. \end{aligned}$$

g. Menghitung Lintas Ekvivalen Rencana (LER) :

$$\begin{aligned} - \text{LER}_{10} &= \text{LET}_{10} \times \text{UR}/10 = 140 \times 10/10 = 140 \\ - \text{LER}_{20} &= \text{LET}_{20} \times \text{UR}/10 = 186 \times 20/10 = 372 \end{aligned}$$

h. Mencari $\overline{\text{ITP}}$:

- CBR tanah dasar = 3,4% , dari Gambar 2.4 didapat harga DDT = 4,00.
- Faktor Regional = 1,0 ; IP = 2,00.
- Jenis lapis perkerasan :
 - * Asbuton (MS 744), dari Tabel 2.7 dapat diketahui harga $\text{IPo} = 3,90 - 3,50$.
- Dari data diatas, dengan menggunakan nomogram (Lampiran 1, gambar 4) dapat dicari harga $\overline{\text{ITP}}$ untuk tahun ke 10 yaitu 7,7 ($\overline{\text{ITP}}_{10} = 7,7$) dan tahun ke 20 yaitu 8,8 ($\overline{\text{ITP}}_{20} = 8,8$).

i. Menetapkan tebal perkerasan untuk umur rencana 10 tahun :

- Rumus yang dipakai : $\overline{\text{ITP}} = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$
- Mencari besarnya koefisien kekuatan relatif (a) :
 - * Asbuton (MS 744), dari Tabel 2.8 didapat $a_1 = 0,35$.
 - * Batu pecah (CBR 100), dari Tabel 2.8, didapat

$$a_2 = 0,14.$$

* S i r t u (CBR 50), dari Tabel 2.8, didapat
didapat $a_3 = 0,12$.

- Dari data tersebut maka untuk umur rencana 10 tahun,
persamaan 2.10 menjadi :

$$7,70 = 0,35 D_1 + 0,14 D_2 + 0,12 D_3$$

- Untuk umur rencana 10 tahun, tebal perkerasannya
adalah (tiap lapisan) :

* Batas minimum tebal lapisan untuk $\overline{ITP} = 7,70$

adalah : # Batu pecah (CBR 100) = 20 cm

S i r t u (CBR 50) = 10 cm

* Dari data tersebut maka persamaan 2.10 menjadi :

$$7,70 = 0,35 D_1 + 0,14 D_2 + 0,12 D_3$$

$$7,70 = 0,35 D_1 + (0,14 \times 20) + (0,12 \times 10)$$

$$D_1 = 10,5 \text{ cm.}$$

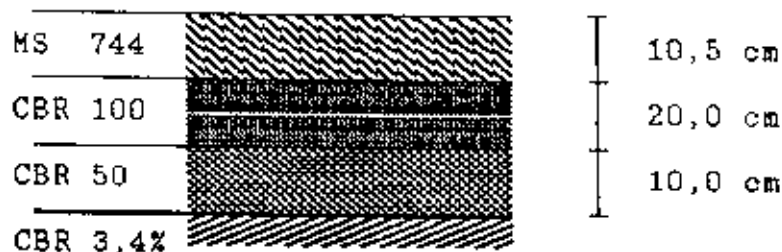
- Susunan perkerasannya adalah :

* A s b u t o n (MS 744) : 10,50 cm

* Batu pecah (CBR 100) : 20,00 cm.

* Tanah kepasiran (CBR 50) : 10,00 cm.

* Gambar susunan perkerasannya adalah :



j. Menetapkan tebal perkerasan untuk umur rencana 20 tahun :

- Rumus yang dipakai : $\overline{ITP} = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$
- Mencari besarnya koefisien kekuatan relatif (a) :
 - * As b u t o n (MS 744), dari Tabel 2.8 didapat $a_1 = 0,35$.
 - * Batu pecah (CBR 100), dari Tabel 2.8, didapat $a_2 = 0,14$.
 - * S i r t u (CBR 50), dari Tabel 2.8, didapat $a_3 = 0,12$.
- Dari data tersebut maka untuk umur rencana 20 tahun, persamaan 2.10 menjadi :

$$8,80 = 0,35 D_1 + 0,14 D_2 + 0,12 D_3$$

- Untuk umur rencana 20 tahun, tebal perkerasannya adalah (tiap lapisan) :

* Batas minimum tebal lapisan untuk $\overline{ITP} = 8,80$

adalah : # Batu pecah (CBR 100) = 20 cm

S i r t u (CBR 50) = 10 cm

- * Dari data tersebut maka persamaan 2.10 menjadi :

$$8,80 = 0,35 D_1 + 0,14 D_2 + 0,12 D_3$$

$$8,87,70 = 0,35 D_1 + (0,14 \times 20) + (0,12 \times 10)$$

$$D_1 = 14,00 \text{ cm.}$$


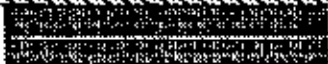


- Susunan perkerasannya adalah :

* A s b u t o n (MS 744) : 14,00 cm

* Batu pecah (CBR 100) : 20,00 cm.

* Tanah kepasiran (CBR 50) : 10,00 cm.

* Gambar susunan perkerasannya adalah :

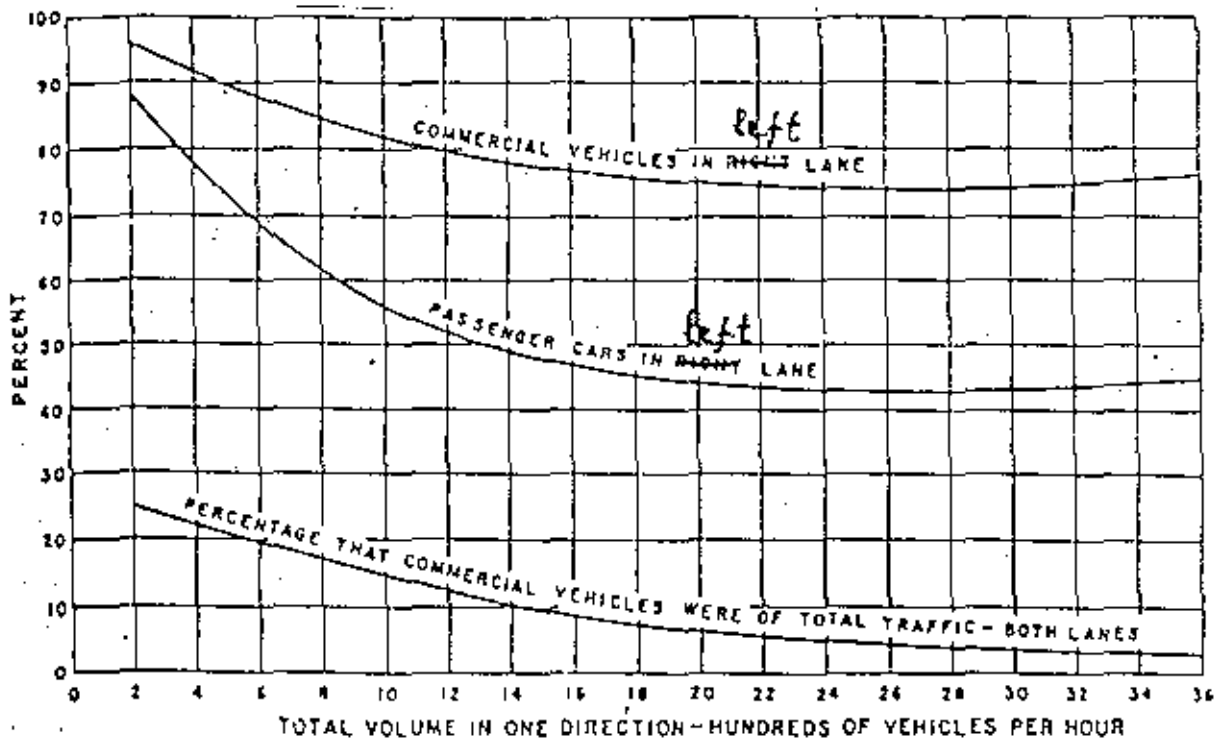
MS 744		14,0 cm
CBR 100		20,0 cm
CBR 50		10,0 cm
CBR 3,4%		

BAB III

ANALISA KEKURANGAN PADA METODA PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR CARA BINA MARGA

3.1. PROSENTASE KENDARAAN PADA JALUR RENCANA (C).

Didalam menentukan besarnya prosentase kendaraan pada jalur rencana (C), menurut Taragin (1958) adalah besarnya nilai C tergantung dari jumlah kendaraan yang lewat (volume lalu lintas), sesuai Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Prosentase kendaraan pada jalur rencana (C) untuk 2 jalur/arah atau 4 lane highway.
(sumber : Taragin 1958).

Pada Gambar 3.1. , dapat dilihat bahwa :

- Untuk volume lalu lintas kecil, maka nilai C adalah besar. Jadi semakin kecil volume lalu lintas, maka posisi kendaraan cenderung berada pada salah satu jalur / jalur paling kiri (paling luar).
- Untuk volume lalu lintas besar, maka nilai C adalah kecil. Jadi semakin besar volume lalu lintas, maka posisi kendaraan akan lebih merata pada semua jalur.

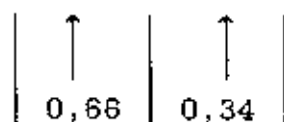
Dengan dasar Gambar 3.1 , dapat dihitung nilai C untuk beberapa jalur yang terdiri dari 1 arah dan 2 arah. Cara menghitung koefisien distribusi kendaraan untuk beberapa jalur berdasarkan Gambar 3.1 adalah sebagai berikut :

1. 2 jalur 1 arah :

a. Kendaraan ringan ;

- Dari Gambar 3.1, volume lalu lintas paling kecil adalah 200 kendaraan/jam. maka didapat nilai C adalah 87%
- Dari Gambar 3.1, volume lalu lintas paling besar adalah 3.600 kendaraan/jam, maka didapat nilai C adalah 45%
- Supaya nilai C dapat mewakili volume lalu lintas paling kecil sampai volume lalu lintas paling besar, maka nilai C diambil

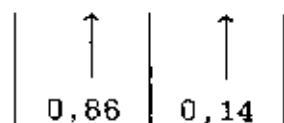
$$\text{rata-ratanya} : \frac{87\% + 45\%}{2} = 66\%$$



Gambar 3.2. Prosentase kendaraan ringan pada jalur rencana (C) untuk 2 jalur 1 arah.

b. *Kendaraan berat* :

- Dari Gambar 3.1, volume lalu lintas paling kecil adalah 200 kendaraan/jam, maka didapat nilai C adalah 96%
- Dari Gambar 3.1, volume lalu lintas paling besar adalah 3.800 kendaraan/jam, maka didapat nilai C adalah 76%
- Supaya nilai C mewakili volume lalu lintas paling kecil sampai volume lalu lintas paling besar, maka nilai C diambil rata-ratanya : $\frac{96\% + 76\%}{2} = 86\%$

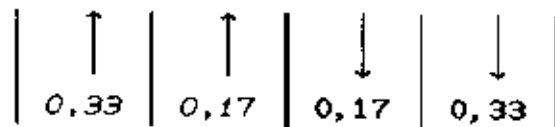


Gambar 3.3. Prosentase kendaraan berat pada jalur rencana (C) untuk 2 jalur 1 arah.

2. 4 jalur 2 arah :

a. Kendaraan ringan :

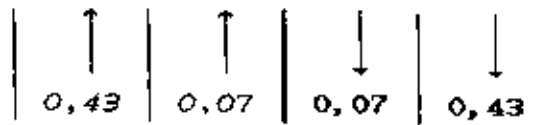
- Dari data LHR yang ada, umumnya perhitungan LHR adalah untuk 2 arah, sehingga nilai prosentase kendaraan pada jalur rencana (C) untuk 4 jalur 2 arah adalah setengah dari nilai prosentase kendaraan pada jalur rencana (C) 2 jalur 1 arah.
- Nilai C kendaraan ringan untuk 4 jalur 2 arah adalah $\frac{66\%}{2} = 33\%$



Gambar 3.4. Prosentase kendaraan ringan pada jalur rencana (C) untuk 4 jalur 2 arah

b. Kendaraan berat :

- Dari data LHR yang ada, umumnya perhitungan LHR adalah untuk 2 arah, sehingga nilai prosentase kendaraan pada jalur rencana (C) untuk 4 jalur 2 arah adalah setengah dari nilai prosentase kendaraan pada jalur rencana (C) 2 jalur 1 arah.
- Nilai C kendaraan berat untuk 4 jalur 2 arah adalah : $\frac{86\%}{2} = 43\%$



Gambar 3.5. Prosentase kendaraan ringan pada jalur rencana (C) untuk 4 jalur 2 arah.

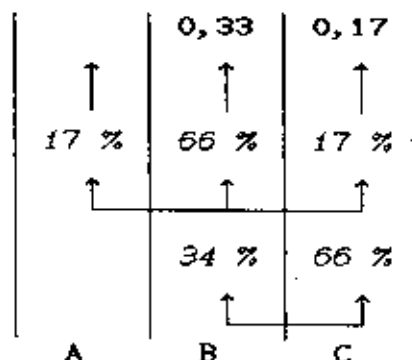
3. 6 jalur 2 arah :

Berdasarkan perhitungan nilai prosentase kendaraan pada jalur rencana (C) untuk 4 jalur 2 arah, maka dapat dihitung nilai prosentase kendaraan pada jalur rencana (C) untuk 6 jalur 2 arah, cara perhitungannya adalah sebagai berikut :

a. Kendaraan ringan :

- Pada Gambar 3.4, dapat dilihat nilai prosentase kendaraan pada jalur rencana (C) untuk 4 jalur 2 arah. Dari nilai C tersebut, kemudian didistribusi menjadi 6 jalur 2 arah.
- Berdasarkan Gambar 3.2, distribusi lalu lintas tiap jalur adalah 66% dan 34%. Jadi pada salah satu jalur menerima 66% dan jalur lainnya menerima 34% (bila didistribusi untuk satu jalur), apabila jalur tersebut didistribusi untuk dua jalur, maka jalur

lainnya masing-masing menerima setengah dari 34% ($0,5 \times 34\% = 17\%$). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Gambar 3.8.



Gambar 3.6. Faktor distribusi tiap jalur untuk kendaraan ringan pada jalan 6 jalur 2 arah.

Keterangan Gambar 3.6. :

- * Pada jalur A menerima 17% dari 0,33
- * Pada jalur B menerima 66% dari 0,33 dan menerima 34% dari 0,17
- * Pada jalur C menerima 66% dari 0,17 dan menerima 17% dari 0,33
- Untuk mempermudah perhitungan, dapat dibuat tabel (lihat Tabel 3.1).
- Dari perhitungan (Tabel 3.1), maka didapat nilai prosentase kendaraan ringan pada jalur rencana (C) untuk 6 jalur 2 arah adalah : 0,25.

Tabel 3.1. Perhitungan prosentase kendaraan ringan pada jalur rencana untuk 6 jalur 2 arah.

JALUR	A	B	C
NILAI C	0.00	33.00	17.00
F.D : 0,66		21.78	11.22
F.D : 0,34		5.78	
F.D : 0,17	5.61		5.61
JUMLAH	5.61	27.56	16.83
F.D : 0,66	3.70	18.19	11.11
F.D : 0,34		1.91	5.72
F.D : 0,17	4.69		4.69
JUMLAH	8.39	25.82	15.79
F.D : 0,66	5.54	17.04	10.42
F.D : 0,34		2.85	5.37
F.D : 0,17	4.39		4.39
JUMLAH	9.93	25.26	14.81
F.D : 0,66	6.55	16.67	9.78
F.D : 0,34		3.37	5.04
F.D : 0,17	4.29		4.29
JUMLAH	10.85	25.08	14.07
F.D : 0,66	7.16	16.56	9.29
F.D : 0,34		3.69	4.78
F.D : 0,17	4.26		4.26
JUMLAH	11.42	25.03	13.55
F.D : 0,66	7.54	16.52	8.94
F.D : 0,34		3.88	4.61
F.D : 0,17	4.25		4.25
JUMLAH	11.79	25.01	13.20
F.D : 0,66	7.76	16.51	8.71
F.D : 0,34		4.01	4.49
F.D : 0,17	4.25		4.25
JUMLAH	12.03	25.00	12.96

Lanjutan Tabel 3.1.

JALUR	A	B	C
Jml. yang dipindahkan	12.03	25.00	12.96
F.D : 0,66	7.94	16.50	8.56
F.D : 0,34		4.09	4.41
F.D : 0,17	4.25		4.25
JUMLAH	12.19	25.00	12.61
F.D : 0,66	8.05	16.50	8.45
F.D : 0,34		4.15	4.35
F.D : 0,17	4.25		4.25
JUMLAH	12.30	25.00	12.70
F.D : 0,66	8.12	16.50	8.38
F.D : 0,34		4.18	4.32
F.D : 0,17	4.25		4.25
JUMLAH	12.37	25.00	12.63
F.D : 0,66	8.16	16.50	8.34
F.D : 0,34		4.20	4.30
F.D : 0,17	4.25		4.25
JUMLAH	12.41	25.00	12.59
F.D : 0,66	8.19	16.50	8.31
F.D : 0,34		4.22	4.28
F.D : 0,17	4.25		4.25
JUMLAH	12.44	25.00	12.56
F.D : 0,66	8.21	16.50	8.29
F.D : 0,34		4.23	4.27
F.D : 0,17	4.25		4.25
JUMLAH	12.46	25.00	12.54
F.D : 0,66	8.22	16.50	8.28
F.D : 0,34		4.24	4.26
F.D : 0,17	4.25		4.25
JUMLAH	12.47	25.00	12.53
F.D : 0,66	8.23	16.50	8.27
F.D : 0,34		4.24	4.26
F.D : 0,17	4.25		4.25
JUMLAH	12.48	25.00	12.52

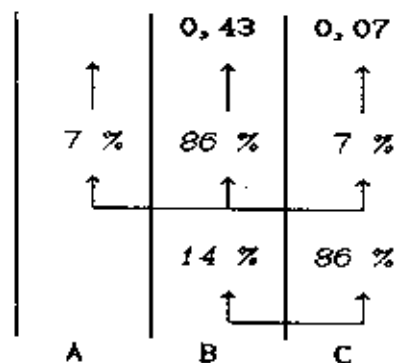
Lanjutan Tabel 3.1.

JALUR	A	B	C
Jml. yang dipindahkan	12.48	25.00	12.52
F.D : 0,66	8.24	16.50	8.26
F.D : 0,34		4.24	4.26
F.D : 0,17	4.25		4.25
JUMLAH	12.49	25.00	12.51
F.D : 0,66	8.24	16.50	8.26
F.D : 0,34		4.25	4.25
F.D : 0,17	4.25		4.25
JUMLAH	12.49	25.00	12.51
F.D : 0,66	8.25	16.50	8.25
F.D : 0,34		4.25	4.25
F.D : 0,17	4.25		4.25
JUMLAH	12.50	25.00	12.50
F.D : 0,66	8.25	16.50	8.25
F.D : 0,34		4.25	4.25
F.D : 0,17	4.25		4.25
JUMLAH	12.50	25.00	12.50

b. Kendaraan berat :

- Pada Gambar 3.5, dapat dilihat nilai prosentase kendaraan pada jalur rencana (C) untuk 4 jalur 2 arah. Dari nilai C tersebut, kemudian didistribusi menjadi 6 jalur 2 arah.
- Berdasarkan Gambar 3.3, distribusi lalu lintas tiap jalur adalah 86% dan 14%. Jadi pada salah satu jalur menerima 86% dan jalur lainnya menerima 14% (bila didistribusi

untuk satu jalur), apabila jalur tersebut didistribusi untuk dua jalur, maka jalur lainnya masing-masing menerima setengah dari 14% ($0,5 \times 14\% = 7\%$). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Gambar 3.7.



Gambar 3.7. Faktor distribusi tiap jalur untuk kendaraan berat pada jalan 6 jalur 2 arah.

Keterangan Gambar 3.7. :

- * Pada jalur A menerima 7% dari 0,43
- * Pada jalur B menerima 86% dari 0,43 dan menerima 14% dari 0,07
- * Pada jalur C menerima 86% dari 0,07 dan menerima 7% dari 0,43
- Untuk mempermudah perhitungan, dapat dibuat tabel (lihat Lampiran 2, Tabel 1).
- Dari perhitungan (Lampiran 2, Tabel 1), maka didapat nilai prosentase kendaraan

berat pada jalur rencana (C) untuk 6 jalur 2 arah adalah : 0,25.

4. 8 jalur 2 arah :

a. Kendaraan ringan :

- Cara mencari nilai prosentase kendaraan ringan pada jalur rencana (C) untuk 8 jalur 2 arah adalah sama dengan cara mencari nilai prosentase kendaraan ringan (C) 6 jalur 2 arah.
- Dari perhitungan (Lampiran 2, Tabel 2), maka didapat nilai prosentase kendaraan ringan pada jalur rencana (C) untuk 6 jalur 2 arah adalah : 0,1669.

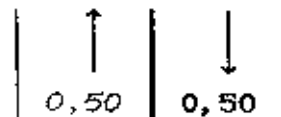
b. Kendaraan berat :

- Cara mencari nilai prosentase kendaraan berat pada jalur rencana (C) untuk 8 jalur 2 arah adalah sama dengan cara mencari nilai prosentase kendaraan berat (C) 6 jalur 2 arah.
- Dari perhitungan (Lampiran 2, Tabel 3), maka didapat nilai prosentase kendaraan berat pada jalur rencana (C) untuk 6 jalur 2 arah adalah : 0,1672.

5. 2 jalur 2 arah :

a. Kendaraan ringan :

- Dari data LHR yang ada, umumnya perhitungan LHR adalah untuk 2 arah, sehingga nilai prosentase kendaraan ringan pada jalur rencana adalah : 0,50.
- Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Gambar 3.8.



Gambar 3.8. Prosentase kendaraan ringan pada jalur rencana (C) untuk 2 jalur 2 arah.

b. Kendaraan berat :

- Dengan cara yang sama, maka nilai prosentase kendaraan berat pada jalur rencana (C) untuk 2 jalur 2 arah adalah : 0,50.

6. 3 jalur 1 arah :

a. Kendaraan ringan :

- Dari data LHR yang ada, umumnya perhitungan LHR adalah untuk 2 arah, sehingga nilai prosentase kendaraan ringan pada jalur rencana (C) untuk 3 jalur 1 arah adalah dua kali dari nilai prosentase kendaraan ringan

pada jalur rencana (C) 6 jalur 2 arah.

- Nilai C kendaraan ringan untuk 3 jalur 1 arah adalah : $2 \times 0,25 = 0,50$.

b. *Kendaraan berat* :

- Dengan cara yang sama, maka didapat nilai prosentase kendaraan berat pada jalur rencana (C) adalah : $2 \times 0,25 = 0,50$.

7. 3 jalur 2 arah :

a. *Kendaraan ringan* :

- Umumnya perhitungan LHR adalah untuk 2 arah, sehingga komposisi jalurnya adalah :

↑	↑	↓
0,33	0,17	0,50

Gambar 3.9. Prosentase kendaraan ringan pada jalur rencana untuk 3 jalur 2 arah.

Pada Gambar 3.9 diambil nilai prosentase kendaraan pada jalur rencana (C) yang terbesar, yaitu : 0,50.

b. *Kendaraan berat* :

- Umumnya perhitungan LHR adalah untuk 2 arah, sehingga komposisi jalurnya adalah :

↑	↑	↓
0,43	0,07	0,50

Gambar 3.10. Prosentase kendaraan berat pada jalur rencana untuk 3 jalur 2 arah.

Pada Gambar 3.10 diambil nilai prosentase kendaraan pada jalur rencana (C) yang terbesar, yaitu : 0,50.

8. 4 jalur 1 arah :

a. Kendaraan ringan :

- Dari data LHR yang ada, umumnya perhitungan LHR adalah untuk 2 arah, sehingga nilai prosentase kendaraan ringan pada jalur rencana (C) untuk 4 jalur 1 arah adalah dua kali dari nilai prosentase kendaraan ringan pada jalur rencana (C) 8 jalur 2 arah.
- Nilai C kendaraan ringan untuk 4 jalur 1 arah adalah : $2 \times 0,167 = 0,334$.

b. Kendaraan berat :

- Dengan cara yang sama, maka didapat nilai prosentase kendaraan berat pada jalur rencana (C) adalah : $2 \times 0,17 = 0,34$.

9. 5 jalur 2 arah :

a. Kendaraan ringan :

- Umumnya perhitungan LHR adalah untuk 2 arah, sehingga komposisi jalurnya adalah :

↑	↑	↑	↓	↓
0,125	0,250	0,125	0,33	0,17

Gambar 3.11. Prosentase kendaraan ringan pada jalur rencana untuk 5 jalur 2 arah.

Pada Gambar 3.11 diambil nilai prosentase kendaraan pada jalur rencana (C) yang terbesar , yaitu : 0,33.

b. Kendaraan berat :

- Umumnya perhitungan LHR adalah untuk 2 arah, sehingga komposisi jalurnya adalah :

↑	↑	↑	↓	↓
0,126	0,250	0,124	0,43	0,07

Gambar 3.12. Prosentase kendaraan berat pada jalur rencana untuk 5 jalur 2 arah.

Pada Gambar 3.12 diambil nilai prosentase kendaraan pada jalur rencana (C) yang terbesar , yaitu : 0,43.

Dari uraian diatas dalam mencari nilai prosentase kendaraan pada jalur rencana (C) untuk berbagai jalur dan arah, maka dapat diringkas sebagai berikut :

a. Kendaraan ringan :

$$\left| \begin{array}{c} | \\ 0,500 \\ | \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} | \\ 0,500 \\ | \end{array} \right| \quad \begin{array}{l} 2 \text{ jalur } 2 \text{ arah : } 0,50 \end{array}$$

$$\left| \begin{array}{c} | \\ 0,330 \\ | \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} | \\ 0,170 \\ | \end{array} \right| \quad \begin{array}{l} 4 \text{ jalur } 2 \text{ arah : } 0,33 \\ 2 \text{ jalur } 1 \text{ arah : } 0,66 \end{array}$$

$$\left| \begin{array}{c} | \\ 0,125 \\ | \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} | \\ 0,250 \\ | \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} | \\ 0,125 \\ | \end{array} \right| \quad \begin{array}{l} 6 \text{ jalur } 2 \text{ arah : } 0,25 \\ 3 \text{ jalur } 1 \text{ arah : } 0,50 \end{array}$$

$$\left| \begin{array}{c} | \\ 0,084 \\ | \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} | \\ 0,166 \\ | \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} | \\ 0,167 \\ | \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} | \\ 0,083 \\ | \end{array} \right| \quad \begin{array}{l} 8 \text{ jalur } 2 \text{ arah : } 0,167 \\ 4 \text{ jalur } 1 \text{ arah : } 0,334 \end{array}$$

b. Kendaraan berat :

$$\left| \begin{array}{c} | \\ 0,500 \\ | \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} | \\ 0,500 \\ | \end{array} \right| \quad \begin{array}{l} 2 \text{ jalur } 2 \text{ arah : } 0,50 \end{array}$$

$$\left| \begin{array}{c} | \\ 0,430 \\ | \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} | \\ 0,070 \\ | \end{array} \right| \quad \begin{array}{l} 4 \text{ jalur } 2 \text{ arah : } 0,43 \\ 2 \text{ jalur } 1 \text{ arah : } 0,86 \end{array}$$

0,126	0,250	0,124
-------	-------	-------

6 jalur 2 arah : 0,25

3 jalur 1 arah : 0,50

0,084	0,166	0,170	0,083
-------	-------	-------	-------

8 jalur 2 arah : 0,17

4 jalur 1 arah : 0,34

Untuk lebih jelasnya, besar prosentase kendaraan pada jalur rencana (C) setelah analisa kekurangan pada metode perencanaan perkerasan lentur cara Bina Marga, dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Prosentase kendaraan pada jalur rencana (C) setelah revisi.

JUMLAH JALUR	KENDARAAN RINGAN		KENDARAAN BERAT	
	1 ARAH	2 ARAH	1 ARAH	2 ARAH
1 jalur	1	-	1	-
2 jalur	0.66	0.50	0.86	0.50
3 jalur	0.50	0.50	0.50	0.50
4 jalur	0.334	0.33	0.34	0.43
5 jalur		0.33		0.43
6 jalur		0.25		0.25
8 jalur		0.167		0.17

3.2. ANGKA EKIVALEN (E).

Didalam perhitungan tebal perkerasan lentur metode Bina Marga, cara menentukan angka ekivalen ada dua yaitu :

- a. Menggunakan Tabel 3.4 berdasarkan konfigurasi sumbu type kendaraan serta muatan penuh/kosong (Bina Marga, 1979). Misalnya :

MP 1.1 : E kendaraan isi kosong = 0,0001

E kendaraan isi penuh = 0,0004

- b. Mengitung angka ekivalen beban sumbu terhadap beban standard 18.000 lb (8,16 ton) sesuai persamaan 2.4 dan 2.5 (atau dapat dilihat pada Tabel 2.3).

Dari kedua cara menentukan angka ekivalen tersebut diatas maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Cara yang pertama, angka ekivalen tersebut tidak sesuai dengan kondisi keadaan dilapangan. Didalam Tabel 2.4 tercantum angka ekivalen untuk muatan kosong dan muatan penuh. Pada kenyataanya untuk muatan penuh, umumnya muatannya melebihi dari standard muatan penuh yang ditetapkan oleh Bina Marga. Bisa juga pada waktu survey data LHR untuk kendaraan berat yang muatannya 1/2 kapasitas muatan maksimum dianggap muatan kosong karena muatannya tidak terlihat oleh surveyor.
- b. Cara yang kedua, didalam Tabel 2.3 hanya tercantum beban sumbu dan angka ekivalen. Data yang ada dilapangan adalah jumlah kendaraan yang lewat untuk tiap jenis kendaraan, sehingga untuk menentukan angka ekivalen berdasarkan beban sumbu akan mengalami kesulitan.

Perhitungan angka ekivalen (axle load equivalency factor) menurut AASHTO (1986) merupakan fungsi dari beban sumbu (axle load), jumlah sumbu (single axle, tandem axle, triple axle), indeks permukaan (Pt) dan SN (ITP). Nilai angka ekivalen menurut AASHTO dapat dilihat pada Lampiran 3 (Tabel 1 sampai Tabel 3). Untuk mencari perumusan angka ekivalen berdasarkan AASHTO dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

a. Untuk Single Axle :

- Rumus dasar angka ekivalen adalah :

$$E = \left[\frac{P \text{ (kips)}}{18 \text{ kips}} \right]^n \dots\dots\dots (3.1)$$

$$n = \frac{\log E}{\log (P/18)} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana : P : beban sumbu kendaraan

18 : beban standard

n : pangkat

E : angka ekivalen

- Dari Lampiran 3 (Tabel 1) diambil besarnya beban sumbu (P) dan angka ekivalen (E) untuk bermacam-macam nilai SN (ITP), kemudian dimasukkan ke Persamaan 3.2.

- Setelah nilai P dan E, dimasukkan ke Persamaan 3.2 didapat besarnya n

- Besarnya n untuk setiap SN (ITP) yang didapat kemudian dirata-rata
- Sebagai contoh :

$$P_t = 2 ; SN = 2 ; P = 20 ; E = 1,59$$

$$n = \frac{\log 1,59}{\log (20/18)} = 4,4014$$

- Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.3.
- Dari Tabel 3.3 diperoleh n rata-rata = 4,352
- Dengan $n = 4,352$, maka Persamaan 3.2 menjadi :

$$E = \left[\frac{P \text{ (kips)}}{18 \text{ kips}} \right]^{4,352} \dots\dots\dots (3.3)$$

b. Untuk Tandem Axle :

- Rumus untuk mencari angka ekivalen tandem axle adalah :

$$E = k \left[\frac{P \text{ (kips)}}{18 \text{ kips}} \right]^n \dots\dots\dots (3.4)$$

$$E = k \left[\frac{P \text{ (kips)}}{18 \text{ kips}} \right]^{4,352} \dots\dots\dots (3.5)$$

$$k = \frac{E}{(P / 18)^{4,352}} \dots\dots\dots (3.6)$$

Tabel 3.3. Perhitungan angka ekivalen Single Axle

$$n = \frac{\log E}{\log (P/18)}$$

SN = 2		
P	E	n
20	1.590	4.4014
22	2.440	4.4451
24	3.620	4.4719
26	5.210	4.4886
28	7.310	4.5023
30	10.000	4.5076
32	13.500	4.5236
34	17.900	4.5359
36	23.300	4.5423
38	29.900	4.5474
40	36.000	4.5555
42	47.700	4.5615
44	59.000	4.5676
46	73.000	4.5727
48	89.100	4.5775
50	108.000	4.5829
n		4.5240

SN = 3		
P	E	n
20	1.560	4.2206
22	2.350	4.2578
24	3.430	4.2845
26	4.880	4.3107
28	6.780	4.3319
30	9.200	4.3443
32	12.400	4.3758
34	16.300	4.3887
36	21.200	4.4060
38	27.100	4.4158
40	34.300	4.4272
42	43.000	4.4391
44	53.400	4.4504
46	65.600	4.4588
48	80.000	4.4677
50	97.000	4.4778
n		4.3766

Lanjutan Tabel 3.3.

$$n = \frac{\log E}{\log (P/18)}$$

SN = 4

P	E	n
20	1.550	4.1596
22	2.310	4.1722
24	3.330	4.1816
26	4.680	4.1969
28	6.420	4.2084
30	8.600	4.2123
32	11.500	4.2449
34	15.000	4.2580
36	19.300	4.2705
38	24.600	4.2862
40	30.900	4.2965
42	38.600	4.3117
44	47.600	4.3217
46	58.300	4.3331
48	70.900	4.3446
50	86.000	4.3599
n		4.2599

SN = 5

P	E	n
20	1.570	4.2613
22	2.350	4.2576
24	3.400	4.2539
26	4.770	4.2487
28	6.520	4.2434
30	8.700	4.2350
32	11.500	4.2449
34	14.900	4.2475
36	19.000	4.2479
38	24.000	4.2532
40	30.000	4.2594
42	37.200	4.2680
44	45.700	4.2761
46	55.700	4.2845
48	67.300	4.2914
50	81.000	4.3016
n		4.2621

Lanjutan Tabel 3.3.

$$n = \frac{\log E}{\log (P/18)}$$

SN = 6

P	E	n
20	1.590	4.4014
22	2.410	4.3834
24	3.510	4.3646
26	4.960	4.3549
28	6.830	4.3465
30	9.200	4.3443
32	12.100	4.3333
34	15.600	4.3197
36	19.900	4.3147
38	25.100	4.3132
40	31.200	4.3086
42	38.500	4.3086
44	47.100	4.3099
46	57.000	4.3091
48	68.600	4.3109
50	82.000	4.3133
n		4.3337

Dimana : P : beban sumbu kendaraan

18 : beban standard (dalam kips)

n : 4,352 (didapat dari perhitungan angka ekivalen pada single axle)

E : angka ekivalen

k : konstanta

- Dari Lampiran 3 (Tabel 2) diambil besarnya beban sumbu (P) dan angka ekivalen (E) untuk bermacam-macam nilai SN (ITP), kemudian dimasukkan ke Persamaan 3.6.
- Setelah nilai P dan E, dimasukkan ke Persamaan 3.6 didapat besarnya k
- Besarnya k untuk setiap SN (ITP) yang didapat kemudian dirata-rata
- Sebagai contoh :

$$P_t = 2 ; SN = 2 ; P = 20 ; E = 1,59$$

$$k = \frac{1,59}{(20 / 18)^{4,352}} = 0,077$$

- Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.4.
- Dari Tabel 3.4 diperoleh besarnya rata-rata = 0,07
- Dengan k = 0,07, maka Persamaan 3.5 menjadi :

$$E = 0,07 \left[\frac{P \text{ (kips)}}{18 \text{ kips}} \right]^{4,352} \dots\dots (3.7)$$

c. Untuk Triple Axle :

- Dengan cara yang sama seperti pada Tandem Axle, maka didapat besarnya k = 0,0148 (dapat dilihat pada Tabel 3.5).
- Persamaan angka ekivalen untuk Triple Axle adalah :

$$E = 0,0148 \left[\frac{P \text{ (kips)}}{18 \text{ kips}} \right]^{4,352} \dots\dots (3.8)$$

Tabel 3.4. Perhitungan angka ekivalen Tandem Axle

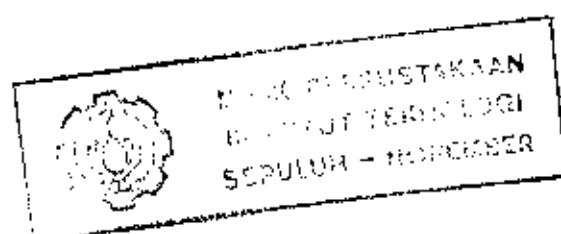
$$k = \frac{E}{(P/18)^{4.952}}$$

SN = 2

P	E	k
18	0.077	0.0770
22	0.171	0.0714
26	0.340	0.0666
30	0.623	0.0675
34	1.070	0.0672
38	1.750	0.0677
42	2.730	0.0683
46	4.110	0.0693
50	5.990	0.0702
54	8.510	0.0714
58	11.800	0.0725
62	16.000	0.0735
66	21.400	0.0749
70	28.100	0.0762
74	36.400	0.0775
78	46.500	0.0787
82	58.700	0.0799
86	73.300	0.0811
90	90.600	0.0823
k		0.0734

SN = 3

P	E	k
18	0.081	0.0810
22	0.183	0.0784
26	0.360	0.0727
30	0.646	0.0699
34	1.080	0.0678
38	1.730	0.0670
42	2.640	0.0661
46	3.920	0.0661
50	5.640	0.0661
54	7.930	0.0665
58	10.900	0.0670
62	14.700	0.0676
66	19.600	0.0686
70	25.600	0.0694
74	33.000	0.0702
78	42.000	0.0711
82	52.900	0.0720
86	66.000	0.0730
90	81.500	0.0740
k		0.0701



Lanjutan Tabel 3.4.

$$k = \frac{E}{(P/18)^{4,952}}$$

SN = 4

P	E	k
18	0.075	0.0750
22	0.174	0.0727
26	0.353	0.0712
30	0.643	0.0696
34	1.060	0.0678
38	1.720	0.0666
42	2.620	0.0656
46	3.830	0.0645
50	5.440	0.0638
54	7.550	0.0633
58	10.300	0.0633
62	13.700	0.0630
66	18.000	0.0630
70	23.400	0.0634
74	30.000	0.0639
78	38.000	0.0643
82	47.600	0.0646
86	59.000	0.0653
90	72.600	0.0659
k		0.0662

SN = 5

P	E	k
18	0.069	0.0690
22	0.164	0.0685
26	0.338	0.0682
30	0.627	0.0679
34	1.060	0.0678
38	1.730	0.0670
42	2.660	0.0666
46	3.910	0.0659
50	5.560	0.0652
54	7.690	0.0645
58	10.400	0.0639
62	13.800	0.0634
66	18.000	0.0630
70	23.200	0.0629
74	29.400	0.0626
78	37.000	0.0626
82	46.000	0.0626
86	56.800	0.0629
90	69.400	0.0630
k		0.0651

Lanjutan Tabel 3.4.

$$k = \frac{E}{(P/18)^{4.252}}$$

GN = 6

P	E	k
18	0.066	0.0660
22	0.158	0.0660
26	0.329	0.0664
30	0.617	0.0668
34	1.070	0.0672
38	1.740	0.0673
42	2.700	0.0676
46	4.020	0.0677
50	5.770	0.0676
54	8.030	0.0673
58	10.900	0.0670
62	14.500	0.0667
66	18.900	0.0662
70	24.300	0.0659
74	30.800	0.0656
78	38.600	0.0653
82	47.800	0.0651
86	58.600	0.0648
90	71.300	0.0647
k		0.0664

Tabel 3.5. Perhitungan angka ekivalen Triple Axle

$$k = \frac{E}{(P/18)^{4,852}}$$

SN = 2

P	E	k
18	0.029	0.0290
22	0.058	0.0242
26	0.103	0.0208
30	0.169	0.0183
34	0.266	0.0167
38	0.403	0.0156
42	0.294	0.0074
46	0.254	0.0144
50	1.200	0.0141
54	1.660	0.0139
58	2.250	0.0138
62	3.000	0.0138
66	3.940	0.0138
70	5.110	0.0139
74	6.540	0.0139
78	8.280	0.0140
82	10.400	0.0142
86	12.900	0.0143
90	15.800	0.0143
k		0.0158

SN = 3

P	E	k
18	0.028	0.0280
22	0.060	0.0251
26	0.114	0.0230
30	0.195	0.0211
34	0.308	0.0193
38	0.461	0.0178
42	0.661	0.0165
46	0.918	0.0155
50	1.240	0.0145
54	1.660	0.0139
58	2.170	0.0133
62	2.820	0.0130
66	3.610	0.0126
70	4.570	0.0124
74	5.740	0.0122
78	7.140	0.0121
82	8.800	0.0120
86	10.800	0.0120
90	13.200	0.0120
k		0.0161

Lanjutan Tabel 3.5.

$$k = \frac{E}{(P/18)^{4.952}}$$

SN = 4

P	E	k
18	0.021	0.0210
22	0.048	0.0200
26	0.095	0.0192
30	0.170	0.0184
34	0.281	0.0176
38	0.436	0.0169
42	0.644	0.0161
46	0.911	0.0154
50	1.250	0.0147
54	1.660	0.0139
58	2.160	0.0133
62	2.760	0.0127
66	3.470	0.0122
70	4.320	0.0117
74	5.320	0.0113
78	6.490	0.0110
82	7.900	0.0108
86	9.500	0.0105
90	11.300	0.0103
k		0.0146

SN = 5

P	E	k
18	0.017	0.0170
22	0.040	0.0167
26	0.080	0.0161
30	0.145	0.0157
34	0.246	0.0154
38	0.393	0.0152
42	0.597	0.0149
46	0.868	0.0146
50	1.220	0.0143
54	1.660	0.0139
58	2.200	0.0135
62	2.850	0.0131
66	3.620	0.0127
70	4.520	0.0123
74	5.570	0.0119
78	6.780	0.0115
82	8.200	0.0112
86	9.800	0.0108
90	11.600	0.0105
k		0.0138

Lanjutan Tabel 3.5.

$$k = \frac{E}{(P/18)^{4.352}}$$

SN = 6

P	E	k
18	0.016	0.0160
22	0.036	0.0150
26	0.072	0.0145
30	0.133	0.0144
34	0.228	0.0143
38	0.368	0.0142
42	0.567	0.0142
46	0.838	0.0141
50	1.200	0.0141
54	1.660	0.0139
58	2.240	0.0138
62	2.950	0.0136
66	3.610	0.0133
70	4.840	0.0131
74	6.040	0.0129
78	7.430	0.0126
82	9.000	0.0123
86	10.900	0.0121
90	12.900	0.0117
k		0.0137

Persamaan 3.3, 3.7, dan 3.8 (AASHTO) bila dibandingkan dengan Persamaan 2.4 dan 2.5 (Bina Marga), maka nilai angka ekivalen versi AASHTO lebih besar dari nilai angka ekivalen versi Bina Marga. Hal tersebut disebabkan oleh :

- Versi AASHTO :

Angka ekivalen tergantung P_t , beban sumbu (P), dan SN (ITP).

- Versi Bina Marga :

Angka ekivalen hanya tergantung beban sumbu (P).

Sebagai contoh perhitungan angka ekivalen untuk beban sumbu 36 kips adalah :

a. Persamaan angka ekivalen dari AASHTO :

- Single axle :

$$E = \left[\frac{36 \text{ kips}}{18 \text{ kips}} \right]^{4,352} = 20,421$$

- Tandem axle :

$$E = 0,07 \left[\frac{36 \text{ kips}}{18 \text{ kips}} \right]^{4,352} = 1,429$$

b. Persamaan angka ekivalen dari Bina Marga :

- Single axle :

$$E = \left[\frac{36 \text{ kips}}{18 \text{ kips}} \right]^4 = 16$$

- Tandem axle :

$$E = 0,086 \left[\frac{36 \text{ kips}}{18 \text{ kips}} \right]^4 = 1,376$$

Dari uraian diatas, perhitungan angka ekivalen yang ada pada perencanaan tebal perkerasan lentur cara Bina Marga bukanlah salah, tetapi kurang sesuai dengan keadaan dilapangan dan ada beberapa faktor yang tidak dimasukkan (antara lain : Pt dan ITP). Untuk mengatasi hal tersebut, maka diusahakan merubah sistim perhitungan berdasarkan jenis kendaraan (isi/kosong) menjadi beban-beban as seperti pada cara AASHTO dan merubah Persamaan 2.4, dan 2.5 menjadi Persamaan 3.3, 3.7, dan 3.8. Pada AASHTO, perhitungan berdasarkan golongan-golongan-golongan beban as (tanpa melihat jenis kendaraannya) sehingga perhitungan total jumlah ESAL dapat lebih diperkirakan. Untuk pelaksanaan dilapangan dapat dilakukan dengan cara Weight In Motion (WIM System). Caranya adalah sebagai berikut :

- Pada pinggir jalan dipasang alat yang berfungsi untuk mengetahui beban tiap sumbu kendaraan yang lewat diatasnya. Jadi kendaraan yang lewat pada jalan tersebut diarahkan supaya menginjak alat tersebut.
- Dari data beban sumbu kendaraan, maka dapat dihitung angka ekivalen dengan menggunakan

Persamaan 3.3 (single axle), 3.7 (tandem axle), dan Persamaan 3.8 (triple axle).

Apabila cara Weight In Motion (WIM) pelaksanaannya tidak memungkinkan, maka cara menentukan angka ekuivalen dapat dilakukan sebagai berikut :

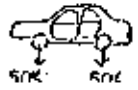
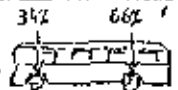
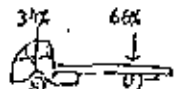
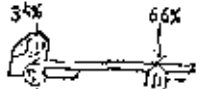
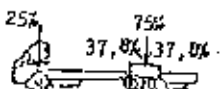
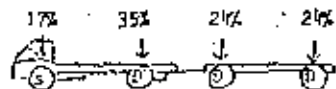
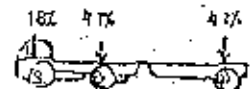
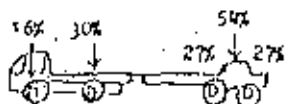
- Memperbaiki angka ekuivalen pada Tabel 2.4 berdasarkan Persamaan 3.3 (single axle), Persamaan 3.7 (tandem axle), dan Persamaan 3.8 (triple axle)
- Kendaraan yang lewat dianggap bermuatan penuh

Dari uraian diatas maka Tabel 2.4 ada perubahan angka ekuivalen (dapat dilihat pada Tabel 3.6).

3.3. LALU LINTAS HARIAN RATA-RATA (LHR).

Didalam Bina Marga umumnya data LHR berupa jumlah tiap jenis kendaraan perhari untuk 2 jurusan (dapat dilihat pada sub bab 2.3.9). Data LHR tersebut kurang sesuai dengan keadaan dilapangan, karena beban muatan plus bebankendaraan dapat melebihi beban yang ditetapkan Bina Marga untuk tiap jenis kendaraan. Menurut AASHTO (1971), yang dibutuhkan adalah total jumlah ekuivalen lintasan beban sumbu tunggal 8,16 ton (18 kips = 18.000 lbs) pada jalur rencana selama umur rencana (= W_{t18}).

TABEL 3.6. ANGKA EKIVALEN BERDASARKAN KONFIGURASI SUMBU & TYPE

KONFIGURASI SUMBU & TYPE	BEBAN KEND. & MUATAN MAX. (TON)	ANGKA EKIVALEN	KETERANGAN
MP (1.1)	2,00	0,0002	
BUS (1.2)	9,00	0,2651	
TRUCK (1.2L)	8,30	0,1866	
TRUCK (1.2H)	18,20	3,6769	
TRUCK (1.22)	25,00	2,9286	
TRAILER (1.2 + 2.2)	31,40	5,2285	
TRAILER (1.2 - 2)	26,20	6,7036	
TRAILER (1.2 - 2.2)	42,00	13,2501	

Setelah mengkaji contoh perhitungan tebal perkerasan lentur cara Bina Marga (pada subbab 2.3.9), maka didalam Tugas Akhir ini diusulkan dua cara mencari total W_{tis} , yaitu :

1. Cara Weight In Motion (WIM) :

- Pada pinggir jalan dipasang alat yang berfungsi untuk mengetahui beban tiap sumbu kendaraan yang lewat diatasnya.
- Dihitung total EAL (W_{tis}) berdasarkan data dari WIM.
- Dihitung LHR selama umur rencana (sesuai perkembangan lalu lintasnya).
- Dihitung jumlah kendaraan yang lewat selama umur rencana : $LHR \times 365 \times \text{Umur Rencana}$.
- Dihitung total W_{tis} selama umur rencana.
- Dihitung total W_{tis} selama umur rencana pada jalur rencana.

2. Apabila cara WIM pelaksanaannya tidak memungkinkan, maka perhitungannya dapat dilakukan sebagai berikut :

- Dihitung LHR pada awal umur rencana.
- Dihitung $LHR_{rata-rata}$ selama umur rencana yang mencakup pula faktor perkembangan lalu lintas.
- Dihitung LHR pada akhir umur rencana.
- Dihitung EAL kendaraan ringan dan kendaraan berat.
- Dihitung jumlah kendaraan yang lewat selama umur rencana : $LHR_{rata-rata} \times 365 \times \text{Umur Rencana}$.

- Mencari total W_{tis} selama umur rencana.
- Mencari total W_{tis} selama umur rencana pada jalur rencana.

3.4. FAKTOR REGIONAL (FR).

Didalam Bina Marga, faktor regional dipengaruhi oleh kelandaian jalan dan curah hujan. Penambahan nilai faktor regional juga dilakukan pada daerah tertentu, misalnya : persimpangan jalan, tempat pemberhentian, dan tikungan yang tajam. Hal tersebut menurut AASHTO (1971) hanya dipengaruhi oleh cuaca/iklim (untuk Indonesia adalah curah hujan).

Faktor-faktor yang mempengaruhi faktor regional dalam Bina Marga bukanlah salah tetapi kurang sesuai dengan kondisi jalan dilapangan, misalnya : kelandaian jalan, persimpangan jalan, pemberhentian, dan tikungan tajam hanya berpengaruh terhadap lapis permukaan (surface course) saja, jadi bukan berpengaruh terhadap tebal perkerasan keseluruhan.

Menurut Bina Marga curah hujan hanya dibedakan untuk curah hujan < 900 mm/thn dan > 900 mm/thn. Sebaiknya curah hujan dibedakan menjadi :

- Curah hujan < 1000 mm/thn.
- Curah hujan 1000 mm/thn - 2000 mm/thn.
- Curah hujan > 2000 mm/thn.

Pengaruh cuaca/iklim (curah hujan) terhadap kondisi perkerasan jalan sangat besar karena curah hujan yang tinggi menyebabkan tanah disekitar jalan tersebut menjadi basah. Hal tersebut dapat mempengaruhi nilai CBR subgrade. Untuk dapat menahan beban lalu lintas yang lewat dengan kondisi saturated maka tebal perkerasan harus ditambah. Untuk mencari nilai Faktor Regional akibat curah hujan dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Mencari nilai SN untuk curah hujan < 1000 mm/thn, 1000-2000 mm/thn, dan > 2000 mm/thn :

a. SN untuk curah hujan < 1000 mm/thn :

- Misalnya total W_{t18} adalah 1.000.000 EAL
- Lamanya curah hujan < 1000 mm/thn di Indonesia umumnya adalah kurang lebih 4 bulan, sehingga subgrade jalan tersebut mengalami $1/3$ waktu kondisi basah dan $2/3$ waktu kondisi kering. Jadi besarnya CBR subgrade adalah : $1/3$ CBR subgrade basah + $2/3$ CBR subgrade kering.

- Mencari besarnya SN berdasarkan Persamaan 2.2, dimana :

$$W_{t18} = 1.000.000 \text{ EAL} \longrightarrow \log W_{t18} = 6,00$$

$$P_t = 2,50 ; F_R = 1,00$$

$$CBR_1 = (1/3 \times 3,00) + (2/3 \times 10,00) = 7,667$$

$$(\text{ dari Gambar 2.5. didapat } S_i = 4,67)$$

$$\longrightarrow SN_1 = 3,126.$$

b. SN untuk curah hujan 1000 mm/thn - 2000 mm/thn :

- Misalnya total W_{t18} adalah 1.000.000 EAL
- Lamanya curah hujan 1000 - 2000 mm/thn di Indonesia umumnya adalah kurang lebih 6 bulan, sehingga subgrade jalan tersebut mengalami 1/2 waktu kondisi basah dan 1/2 waktu kondisi kering. Jadi besarnya CBR subgrade adalah : 1/2 CBR subgrade basah + 1/2 CBR subgrade kering.
- Mencari besarnya SN berdasarkan Persamaan 2.2, dimana :

$$W_{t18} = 1.000.000 \text{ EAL} \longrightarrow \log W_{t18} = 6,00$$

$$P_t = 2,50 ; F_R = 1$$

$$CBR_z = (1/2 \times 3,00) + (1/2 \times 10,00) = 6,500$$

$$(\text{ dari Gambar 2.5. didapat } S_i = 4,441)$$

$$\longrightarrow SN_2 = 3,244.$$

c. SN untuk curah hujan > 2000 mm/thn :

- Misalnya total W_{t18} adalah 1.000.000 EAL
- Lamanya curah hujan > 2000 mm/thn di Indonesia umumnya adalah kurang lebih 8 bulan, sehingga subgrade jalan tersebut mengalami 2/3 waktu kondisi basah dan 1/3 waktu kondisi kering. Jadi besarnya CBR subgrade adalah : 2/3 CBR subgrade basah + 1/3 CBR subgrade kering.
- Mencari besarnya SN berdasarkan Persamaan 2.2,

dimana :

$$W_{t18} = 1.000.000 \text{ EAL} \longrightarrow \text{Log } W_{t18} = 6,00$$

$$P_t = 2,50 ; \text{ FR} = 1,00$$

$$\text{CBR}_s = (2/3 \times 3,00) + (1/3 \times 10,00) = 5,333$$

(dari Gambar 2.5. didapat $S_i = 4,09$)

$$\longrightarrow \text{SN}_s = 3,394.$$

2. Dari uraian diatas dapat dilihat, bahwa dengan curah hujan yang besar maka nilai SN juga bertambah besar. Jadi nilai FR untuk masing-masing kondisi curah hujan dapat dihitung berdasarkan curah hujan $< 1000 \text{ mm/thn}$ (dicari W_{t18} untuk $\text{FR} = 1$, $\text{SN} = 3,126$, dan S_i untuk kondisi subgrade basah yaitu $3,18$). Besarnya $\text{Log } W_{t18}$ untuk curah hujan $< 1000 \text{ mm/thn}$ dengan kondisi yang terjelek adalah $5,4460$ (dipakai mencari FR untuk curah hujan $1000 - 2000 \text{ mm/thn}$ dan curah hujan $> 2000 \text{ mm/thn}$).

3. Dihitung FR untuk masing-masing curah hujan :

- a. FR untuk curah hujan $< 1000 \text{ mm/thn}$:

- Mencari besarnya FR berdasarkan Persamaan 2.2, dimana :

$$\text{Log } W_{t18} = 5,446$$

$$P_t = 2,50 ; \text{ CBR} = 3\% (S_i = 3,18) ; \text{ SN} = 3,126$$

$$\longrightarrow \text{FR} = 1,00.$$

- b. FR untuk curah hujan $1000 \text{ mm/thn} - 2000 \text{ mm/thn}$:

- Mencari besarnya FR berdasarkan Persamaan 2.2,

dimana :

$$\text{Log } W_{t18} = 5,446$$

$$P_t = 2,50 \quad ; \quad \text{CBR} = 3\% \quad (\text{Si} = 3,18) \quad ; \quad \text{SN} = 3,244$$

$$\longrightarrow \text{FR} = 1,464.$$

c. FR untuk curah hujan > 2000 mm/thn :

- Mencari besarnya FR berdasarkan Persamaan 2.2,

dimana :

$$\text{Log } W_{t18} = 5,446$$

$$P_t = 2,50 \quad ; \quad \text{CBR} = 3\% \quad (\text{Si} = 3,18) \quad ; \quad \text{SN} = 3,394$$

$$\longrightarrow \text{FR} = 2,155.$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7. Faktor Regional (FR) setelah direvisi.

CURAH HUJAN	FAKTOR REGIONAL
< 1000 mm/thn	1,000
1000 - 2000 mm/thn	1,500
> 2000 mm/thn	2,000

3.5. INDEKS TEBAL PERKERASAN (ITP).

Sesuai dengan contoh perhitungan tebal perkerasan, cara mencari besarnya ITP menggunakan nomogram (dapat dilihat pada Lampiran 1). Untuk mencari besarnya tebal tiap lapisan perkerasan dapat dilakukan dengan memasukkan nilai ITP kedalam Persamaan

2.10. Menurut AASHTO (1986), Persamaan 2.10 harus ditambah faktor drainase untuk lapisan base dan subbase, sehingga Persamaan tersebut menjadi :

$$ITP = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \dots \dots (3.8)$$

Dimana :

- a_1, a_2, a_3 : Koefisien kekuatan relatif material perkerasan.
- D_1, D_2, D_3 : Tebal masing-masing lapis perkerasan.
- m_1, m_2, m_3 : kualitas dari drainase.

(dapat dilihat pada Tabel 3.8 dan Tabel 3.9).

- Angka 1,2,3 : Indeks untuk lapis perkerasan berturut-turut untuk lapis permukaan, lapis pondasi atas, dan lapis pondasi bawah.

Didalam AASHTO (1986) pengaruh keadaan drainase sangat penting bagi ketebalan tiap lapisan perkerasan. Pada lapis permukaan tidak ada faktor drainase karena pengaruh air terhadap lapis permukaan lebih kecil bila dibandingkan dengan lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah. Untuk kondisi drainase paling baik maka tebal lapisan base menjadi kecil, begitu juga untuk kondisi drainase paling jelek maka tebal lapisan base menjadi besar. Sebagai contoh perhitungan dapat dilihat dibawah ini :

Tabel 3.8. Kualitas drainase

(Sumber : AASHTO, 1986)

Quality of Drainage	Water Removed Within
Excellent	2 hours
Good	1 day
Fair	1 week
Poor	1 month
Very Poor	(water will not drain)

Tabel 3.9. Koefisien (m) kualitas drainase

(Sumber : AASHTO, 1986)

Quality of Drainage	Percent of Time Pavement Structure is Exposed to Moisture Levels Approaching Saturation			
	Less Than 1%	1 - 5%	5 - 25%	Greater Than 25%
Excellent	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Good	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Fair	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Poor	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Very Poor	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

1. Drainase paling baik (excellent) :

a. Surface (lapis permukaan) :

$$a_1 D_1 = 2,47$$

$$\text{Dimana : } a_1 = 0,40 \text{ (dari Tabel 2.8)}$$

$$0,40 \times D_1 = 2,47$$

$$D_1 = 2,47/0,40 = 6,18 \text{ inchi.}$$

b. Base (lapis pondasi atas) :

$$a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 = 3,45$$

$$\text{Dimana : } a_1 = 0,40 \text{ (dari Tabel 2.8)}$$

$$a_2 = 0,28 \text{ (dari Tabel 2.8)}$$

$$D_1 = 6,18 \text{ inchi}$$

$$m_2 = 1,40 \text{ (dari Tabel 3.7)}$$

$$(0,4 \times 6,18) + (0,28 \times D_2 \times 1,40) = 3,45$$

$$D_2 = 2,50 \text{ inchi}$$

c. Subbase (lapis pondasi bawah) :

$$a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 = 4,55$$

$$\text{Dimana : } a_1 = 0,40 \text{ (dari Tabel 2.8)}$$

$$a_2 = 0,28 \text{ (dari Tabel 2.8)}$$

$$a_3 = 0,13 \text{ (dari Tabel 2.8)}$$

$$D_1 = 6,18 \text{ inchi}$$

$$D_2 = 2,50 \text{ inchi}$$

$$m_2 = 1,40 \text{ (dari Tabel 3.7)}$$

$$m_3 = 1,40 \text{ (dari Tabel 3.7)}$$

$$(0,40 \times 6,18) + (0,28 \times 6,00 \times 1,40) +$$

$$(0,13 \times D_3 \times 1,40) = 4,55$$

$$D_3 = 6,03 \text{ inchi}$$

2. Drainase paling jelek (very poor) :

a. Surface (lapis permukaan) :

$$a_1 D_1 = 2,47$$

$$\text{Dimana : } a_1 = 0,40 \text{ (dari Tabel 2.8)}$$

$$0,40 \times D_1 = 2,47$$

$$D_1 = 2,47/0,40 = 6,18 \text{ inchi}$$

b. Base (lapis pondasi atas) :

$$a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 = 3,45$$

$$\text{Dimana : } a_1 = 0,40 \text{ (dari Tabel 2.8)}$$

$$a_2 = 0,28 \text{ (dari Tabel 2.8)}$$

$$D_1 = 6,18 \text{ inchi}$$

$$m_2 = 0,95 \text{ (dari Tabel 3.7)}$$

$$(0,4 \times 6,18) + (0,28 \times D_2 \times 0,95) = 3,45$$

$$D_2 = 3,68 \text{ inchi}$$

c. Subbase (lapis pondasi bawah) :

$$a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 = 4,55$$

$$\text{Dimana : } a_1 = 0,40 ; a_2 = 0,28 ; a_3 = 0,13$$

$$\text{(dari Tabel 2.8)}$$

$$D_1 = 6,18 \text{ inchi} ; D_2 = 3,68 \text{ inchi}$$

$$m_2 = 0,95 ; m_3 = 0,95 \text{ (dari Tabel 3.7)}$$

$$(0,40 \times 6,18) + (0,28 \times 3,68 \times 0,95) +$$

$$(0,13 \times D_3 \times 0,95) = 4,55$$

$$D_3 = 8,88 \text{ inchi}$$

Dari contoh perhitungan diatas dapat dilihat perbedaan

ketebalan tiap lapisan perkerasan antara kondisi drainase yang excellent dan very poor adalah seperti pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9. Perbandingan antara tebal lapisan perkerasan untuk 2 (dua) kondisi drainase.

	EXCELLENT	VERY POOR
D ₁	6,180	6,180
D ₂	2,500	3,680
D ₃	6,030	8,860

Cara mencari tebal tiap lapisan perkerasan menurut Bina Marga dapat dilakukan dengan memasukkan besarnya ITP ke Persamaan 2.10. Sesuai dengan contoh perhitungan tebal perkerasan cara Bina Marga, D₁ dan D₂ diambil tebal yang minimum (dapat dilihat pada Tabel 2.9 dan Tabel 2.10), sehingga D₃ dapat dicari tebalnya. Sesuai dengan pengambilan D₁ yang minimum, maka asal kerusakan jalan dapat juga terjadi dari lapis permukaan (surface course) karena surface merupakan lapisan yang langsung berhubungan dengan roda kendaraan. Dengan kondisi surface yang mulai rusak, akibatnya lapisan base juga akan mengalami kerusakan.

Menurut AASHTO, perhitungan tebal tiap lapisan perkerasan berdasarkan besarnya SN diatas lapisan yang

dicari dan perhitungannya dimulai dari lapis permukaan. Jadi ketebalan lapisan tersebut tergantung dari besarnya CBR yang mendukung lapisan tersebut. Untuk lebih jelasnya dapat diuraikan sebagai berikut :

- a. Untuk mencari tebal lapisan diatas base (D_1) :



Untuk menghitung SN subbase, yang dipakai adalah CBR material dari base. Persamaan 3.9 menjadi :

$$a_1 D_1 = SN_{base}$$

- b. Untuk mencari tebal lapisan diatas subbase (D_2) :



Untuk menghitung SN subbase, yang dipakai adalah CBR material dari subbase. Persamaan 3.9 menjadi :

$$a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 = SN_{subbase}$$

- c. Untuk mencari tebal lapisan diatas subgrade (D_3) :



Untuk menghitung SN subgrade, yang dipakai adalah CBR tanah dasar. Persamaan 3.9 menjadi :

$$a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 = SN_{subgrade}$$

Menurut AASHTO (1986), tebal minimum surface course dan base course tergantung dari total EAL yang lewat pada jalan tersebut (dapat dilihat pada Tabel 3.11). Hal tersebut dipakai bila tebal yang didapat kurang dari tebal minimum.

Tabel 3.11. Tebal minimum untuk tiap lapisan perkerasan
(dalam inchi).

(Sumber : AASHTO, 1986)

TRAFFIC, ESAL'S	ASPHALT CONCRETE	AGREGATE BASE
Less than 50000	1,0 (or surface treatment)	4
50001 - 150000	2,0	4
150001 - 500000	2,5	4
500001 - 2000000	3,0	6
2000001 - 7000000	3,5	8
Greater than 7000000	4,0	8

BAB IV

PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN

TEBAL PERKERASAN LENTUR

4.1. PERHITUNGAN TEBAL PERKERASAN LENTUR YANG DIUSULKAN.

Untuk memperjelas usulan perbaikan perhitungan perkerasan lentur cara Bina Marga, maka didalam Tugas Akhir ini diberikan contoh perhitungan :

a. Untuk lalu lintas rendah :

* Data lalu lintas :

- Kendaraan ringan 2 ton : 90 kendaraan
- Bus 8 ton : 3 kendaraan
- Truk 1.2H : 2 kendaraan

LHR 1981 : 95 kend./hari/2 jurusan

* Perkembangan lalu lintas per tahun (i) :

- Untuk 5 tahun : 8 % per tahun
- Untuk 10 tahun : 6 % per tahun

* Bahan-bahan perkerasan :

- Pelaburan (lapis pelindung) untuk UR 5 tahun
- Lapis mekanis untuk UR 10 tahun $\longrightarrow a_1 = 0,25$
- Batu pecah (CBR 50%) $\longrightarrow a_2 = 0,12$
- Tanah kepasiran (CBR 20%) $\longrightarrow a_3 = 0,10$

(a_1 , a_2 , dan a_3 didapat dari Tabel 2.8)

* Lain - lain :

- Faktor regional (FR) : 1

- CBR tanah dasar : 3,4%

* Rencanakan :

Tebal perkerasan lentur untuk 2 jalur, data lalu lintas tahun 1981 seperti diatas, dan umur rencana :

a. 5 tahun ; b. 10 tahun.

Jalan dibuka tahun 1985 (i selama pelaksanaan : 5% per tahun).

* PENYELESAIAN :

a. LHR pada tahun 1985 (awal umur rencana), dengan

rumus : $(1 + i)^n$

- Kendaraan ringan : 109,40 kendaraan

- Kendaraan berat :

B u s : 3,60 kendaraan

Truk 1.2H : 2,40 kendaraan

Jumlah : 6,00 kendaraan

b. LHR pada tahun ke 5 (akhir umur rencana), dengan

rumus : $(1 + i)^n$:

- Kendaraan ringan : 160,70 kendaraan

- Kendaraan berat :

B u s : 5,30 kendaraan

Truk 1.2H : 3,50 kendaraan

Jumlah : 8,80 kendaraan

LHR pada tahun ke 10 (akhir umur rencana), dengan

rumus : $(1 + i)^n$:

- Kendaraan ringan : 195,90 kendaraan
- Kendaraan berat :
- B u s : 6,40 kendaraan
- Truk 1.2H : 4,30 kendaraan
- Jumlah : 10,70 kendaraan

c. Mencari Equivalent Axle Load (EAL) :

- Kendaraan ringan (per 90 kendaraan ringan) :

$$\text{Jumlah EAL kend. ringan} = 0,0002 \times 90 = 0,018$$
- Kendaraan berat (per 5 kendaraan berat) :

$$\text{B u s : } 0,2651 \times 3 = 0,795$$

$$\text{Truk 1.2H : } 5,6768 \times 2 = 11,354$$

$$\text{Jumlah EAL kend. berat} = 12,148$$

(Angka ekuivalen didapat dari Tabel 3.6)

d. Mencari jumlah kendaraan yang lewat selama umur rencana ($LHR \text{ ur} \times 365 \times UR$) :

- Jumlah kendaraan yang lewat untuk UR 5 tahun :

$$\text{Kend. ringan} = 160,70 \times 365 \times 5 = 293.277,50$$

$$\text{Kend. berat} = 8,60 \times 365 \times 5 = 16.060,00$$
- Jumlah kendaraan yang lewat untuk UR 10 tahun :

$$\text{Kend. ringan} = 195,90 \times 365 \times 10 = 715.035$$

$$\text{Kend. berat} = 10,70 \times 365 \times 10 = 39.055$$

e. Mencari jumlah EAL (W_{tis}) selama umur rencana :

- Jumlah EAL (W_{tis}) selama UR 5 tahun :

$$\text{EAL kend. ringan} = (293.277,50/90) \times 0,018$$

$$= 58,65$$

$$\begin{aligned}\text{EAL kend. berat} &= (16.060/5) \times 12,148 \\ &= 39.022,59\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\longrightarrow \text{Jumlah EAL } \varnothing &= 58,65 + 39.022,59 \\ &= 39.081,24.\end{aligned}$$

- Jumlah EAL (Wt₁₀) selama UR 10 tahun :

$$\begin{aligned}\text{EAL kend. ringan} &= (715.035/80) \times 0,018 \\ &= 143,01\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{EAL kend. berat} &= (39.055/5) \times 12,148 \\ &= 94.895,84\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\longrightarrow \text{Jumlah EAL } 10 &= 143,01 + 94.895,84 \\ &= 95.038,85\end{aligned}$$

f. Jumlah EAL (Wt₁₀) selama UR pada jalur rencana :

- Umur rencana 5 tahun :

$$\begin{aligned}\text{Kendaraan ringan} &= 0,5 \times 58,65 \\ &= 29,32\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kendaraan berat} &= 0,50 \times 39.022,59 \\ &= 19.511,29\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\longrightarrow \text{Jumlah EAL } \varnothing &= 29,23 + 19.511,29 \\ &= 19.540,52\end{aligned}$$

$$(\text{Log Wt}_{10} = 4,291)$$

- Umur rencana 10 tahun :

$$\begin{aligned}\text{Kendaraan ringan} &= 0,5 \times 143,01 \\ &= 71,51\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kendaraan berat} &= 0,50 \times 94.895,84 \\ &= 47.447,92\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \longrightarrow \text{Jumlah EAL } &= 71,51 + 47.447,82 \\
 &= 47.519,43 \\
 (\text{Log } W_{t18} &= 4,877)
 \end{aligned}$$

g. Mencari SN tiap lapisan perkerasan :

- Umur rencana 5 tahun :

SN diatas subgrade :

$$\text{CBR} = 3,4\% \longrightarrow \text{Si} = 3,698$$

(Si didapat dari Gambar 2.5.)

$$\text{FR} = 1 ; \text{Pt} = 1,50 ; \text{Log } W_{t18} = 4,291$$

m_2 dan $m_3 = 1$ (dianggap drainasenya baik)

$$\longrightarrow \text{SN} = 1,832.$$

$$\text{Jadi : } a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 = 1,832.$$

SN diatas subbase :

$$\text{CBR} = 20\% \longrightarrow \text{Si} = 6,230$$

(Si didapat dari Gambar 2.5.)

$$\text{FR} = 1 ; \text{Pt} = 1,50 ; \text{Log } W_{t18} = 4,291$$

$m_2 = 1$ (dianggap drainasenya baik)

$$\longrightarrow \text{SN} = 1,246.$$

$$\text{Jadi : } a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 = 1,246.$$

SN diatas subbase :

$$\text{CBR} = 50\% \longrightarrow \text{Si} = 7,64$$

(Si diidapat dari Gambar 2.5.)

$$\text{FR} = 1 ; \text{Pt} = 1,50 ; \text{Log } W_{t18} = 4,291$$

$$\longrightarrow \text{SN} = 0,974.$$

$$\text{Jadi : } a_1 D_1 = 0,974.$$

- Umur rencana 10 tahun :

SN diatas subgrade :

$$\text{CBR} = 3,4\% \longrightarrow \text{Si} = 3,698$$

$$\text{FR} = 1 ; \text{Pt} = 1,50 ; \text{Log Wt}_{18} = 4,677$$

$$m_2 \text{ dan } m_3 = 1 \text{ (dianggap drainasenya baik)}$$

$$\longrightarrow \text{SN} = 2,114.$$

$$\text{Jadi : } a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 = 2,114.$$

SN diatas subbase :

$$\text{CBR} = 20\% \longrightarrow \text{Si} = 6,230$$

$$\text{FR} = 1 ; \text{Pt} = 1,50 ; \text{Log Wt}_{18} = 4,677$$

$$m_2 = 1 \text{ (dianggap drainasenya baik)}$$

$$\longrightarrow \text{SN} = 1,470.$$

$$\text{Jadi : } a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 = 1,470.$$

SN diatas subbase :

$$\text{CBR} = 50\% \longrightarrow \text{Si} = 7,64$$

$$\text{FR} = 1 ; \text{Pt} = 1,50 ; \text{Log Wt}_{18} = 4,667$$

$$\longrightarrow \text{SN} = 1,171.$$

$$\text{Jadi : } a_1 D_1 = 1,171.$$

h. Mencari tebal tiap lapisan perkerasan :

- Umur rencana 5 tahun :

Tebal lapisan permukaan (surface) :

$$a_1 D_1 = 0,974$$

$$0 D_1 = 0,974$$

$$D_1 = 0 \text{ inchi}$$

Tebal lapisan base :

$$a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 = 1,246$$

$$0,974 + 0,12 (D_2) = 1,246$$

$$D_2 = 2,267 \text{ inchi}$$

(D_2 diambil tebal minimum, yaitu : 4 inchi)

Tebal lapisan subbase :

$$a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 = 1,832$$

$$1,246 + 0,10 (D_3) = 1,832$$

$$D_3 = 5,860 \text{ inchi}$$

Gambar tebal lapisan perkerasan :



- Umur rencana 10 tahun :

Tebal lapisan permukaan (surface) :

$$a_1 D_1 = 1,171$$

$$0,25 (D_1) = 1,171$$

$$D_1 = 4,680 \text{ inchi}$$

Tebal lapisan base :

$$a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 = 1,470$$

$$1,171 + 0,12 (D_2) = 1,470$$

$$D_2 = 2,49 \text{ inchi}$$

(D_2 diambil tebal minimum, yaitu : 4 inchi)

Tebal lapisan subbase :

$$a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 = 2,114$$

$$1,470 + 0,10 (D_s) = 2,114$$

$$D_s = 6,44 \text{ inchi}$$

Gambar tebal lapisan perkerasan :

Lapen		4,68 inchi
CBR 50%		2,49 inchi
CBR 20%		6,44 inchi
CBR 3,4%		

b. Untuk lalu lintas tinggi :

* Data lalu lintas :

- Kendaraan ringan 1.1 : 1.000 kendaraan
- Bus 1.2 : 300 kendaraan
- Truk 1.2H : 50 kendaraan
- Truk 1.22 : 30 kendaraan
- Truk 1.2 + 2.2 : 10 kendaraan

LHR 1981 : 1.390 kend./hari/2 jurusan

* Perkembangan lalu lintas per tahun (i) :

- Untuk 5 tahun : 8 % per tahun
- Untuk 10 tahun : 6 % per tahun

* Bahan-bahan perkerasan :

- Asbuton (MS 744) $\longrightarrow a_1 = 0,35$
 - Batu pecah (CBR 50%) $\longrightarrow a_2 = 0,14$
 - Tanah kepasiran (CBR 20%) $\longrightarrow a_3 = 0,12$
- (a_1 , a_2 , dan a_3 didapat dari Tabel 2,8)

* Lain - lain :

- Faktor regional (FR) : 1

- CBR tanah dasar : 3,4%

* Rencanakan :

Tebal perkerasan lentur untuk 2 jalur, data lalu lintas tahun 1981 seperti diatas, dan umur rencana :

a. 10 tahun ; b. 20 tahun.

Jalan dibuka tahun 1985 (i selama pelaksanaan : 5% per tahun).

* PENYELESAIAN :

a. LHR pada tahun 1985 (awal umur rencana), dengan

rumus : $(1 + i)^n$:

- Kendaraan ringan : 1.215,50 kendaraan

- Kendaraan berat :

Bus 1.2 : 364,70 kendaraan

Truk 1.2H : 60,80 kendaraan

Truk 1.22 : 36,50 kendaraan

Truk 1.2 + 2.2 : 12,20 kendaraan

Jumlah : 474,20 kendaraan

b. LHR pada tahun ke 10 (akhir umur rencana), dengan

rumus : $(1 + i)^n$:

- Kendaraan ringan : 2.824,20 kendaraan

- Kendaraan berat :

Bus 1.2 : 787,40 kendaraan

Truk 1.2H : 131,30 kendaraan

Truk 1.22 : 78,80 kendaraan

Truk 1.2 + 2.2 : 26,30 kendaraan

Jumlah : 1.023,80 kendaraan

LHR pada tahun ke 20 (akhir umur rencana), dengan rumus : $(1 + i)^n$:

- Kendaraan ringan : 3.898,30 kendaraan

- Kendaraan berat :

Bus 1.2 : 1.169,60 kendaraan

Truk 1.2H : 195,00 kendaraan

Truk 1.22 : 117,10 kendaraan

Truk 1.2 + 2.2 : 39,10 kendaraan

Jumlah : 1.520,80 kendaraan

c. Mencari Equivalent Axle Load (EAL) :

- Kendaraan ringan (per 1.000 kend. ringan) :

Jumlah EAL kend. ringan = $0,0002 \times 1.000$

= 0,200

- Kendaraan berat (per 390 kend. berat) :

Bus 1.2 : $0,2651 \times 300 = 79,53$

Truk 1.2H : $5,6769 \times 50 = 283,84$

Truk 1.22 : $2,9286 \times 30 = 87,86$

Truk 1.2 + 2.2 : $5,2285 \times 10 = 52,28$

Jumlah = 503,51

d. Mencari jumlah kendaraan yang lewat selama umur rencana ($LHR \times 365 \times UR$) :

- Jumlah kendaraan yang lewat untuk UR 10 tahun :

Kend. ringan = $2.824,2 \times 365 \times 10 = 9.578.330$

$$\text{Kend. berat} = 1.023,8 \times 365 \times 10 = 3.736.870$$

- Jumlah kendaraan yang lewat untuk UR 20 tahun :

$$\text{Kend. ringan} = 3.898,3 \times 365 \times 20 = 28.457.590$$

$$\text{Kend. berat} = 1.520,8 \times 365 \times 20 = 11.101.840$$

e. Mencari jumlah EAL (W_{t10}) selama umur rencana :

- Jumlah EAL selama UR 10 tahun :

$$\begin{aligned} \text{EAL kend. ringan} &= (8.578.330/1.000) \times 0,200 \\ &= 1.915,66 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EAL kend. berat} &= (3.736.870/390) \times 503,51 \\ &= 4.824.490,80 \end{aligned}$$

- Jumlah EAL selama UR 20 tahun :

$$\begin{aligned} \text{EAL kend. ringan} &= (28.457.590/1.000) \times 0,200 \\ &= 5.691,52 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EAL kend. berat} &= (11.101.840/390) \times 503,51 \\ &= 14.333.044,78 \end{aligned}$$

f. Jumlah EAL (W_{t10}) selama UR pada jalur rencana :

- Umur rencana 10 tahun :

$$\begin{aligned} \text{Kendaraan ringan} &= 0,5 \times 1.915,66 \\ &= 957,83 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kendaraan berat} &= 0,50 \times 4.824.490,80 \\ &= 2.412.245,40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \longrightarrow \text{Jumlah EAL 10} &= 957,83 + 2.412.245,40 \\ &= 2.413.203,23 \\ &(\text{Log } W_{t10} = 6,383) \end{aligned}$$

- Umur rencana 20 tahun :

$$\begin{aligned}\text{Kendaraan ringan} &= 0,5 \times 5.891,52 \\ &= 2.845,76\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kendaraan berat} &= 0,50 \times 14.333.044,76 \\ &= 7.166.522,38\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\longrightarrow \text{Jumlah EAL}_{20} &= 2.845,76 + 7.166.522,38 \\ &= 7.169.368,14\end{aligned}$$

$$(\text{Log } W_{t10} = 6,855)$$

g. Mencari SN tiap lapisan perkerasan :

- Umur rencana 10 tahun :

SN diatas subgrade :

$$\text{CBR} = 3,4\% \longrightarrow \text{Si} = 3,898$$

(Si didapat dari Gambar 2.5.)

$$\text{FR} = 1 ; \text{Pt} = 2,00 ; \text{Log } W_{t10} = 6,383$$

m_2 dan $m_3 = 1$ (dianggap drainasenya baik)

$$\longrightarrow \text{SN} = 3,890.$$

$$\text{Jadi : } a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 = 3,890$$

SN diatas subbase :

$$\text{CBR} = 50\% \longrightarrow \text{Si} = 7,64$$

(Si didapat dari Gambar 2.5.)

$$\text{FR} = 1 ; \text{Pt} = 2,00 ; \text{Log } W_{t10} = 6,383$$

$m_2 = 1$ (dianggap drainasenya baik)

$$\longrightarrow \text{SN} = 2,332.$$

$$\text{Jadi : } a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 = 2,332.$$

SN diatas subbase :

$$\text{CBR} = 100\% \longrightarrow \text{Si} = 8,86$$

(Si didapat dari Gambar 2.5.)

$$\text{FR} = 1 ; \text{Pt} = 2,00 ; \text{Log Wt}_{18} = 6,383$$

$$\longrightarrow \text{SN} = 1,969.$$

$$\text{Jadi : } a_1 D_1 = 1,969.$$

- Umur rencana 20 tahun :

SN diatas subgrade :

$$\text{CBR} = 3,4\% \longrightarrow \text{Si} = 3,688$$

$$\text{FR} = 1 ; \text{Pt} = 2,00 ; \text{Log Wt}_{18} = 6,855$$

m_2 dan $m_3 = 1$ (dianggap drainasenya baik)

$$\longrightarrow \text{SN} = 4,536.$$

$$\text{Jadi : } a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 = 4,536.$$

SN diatas subbase :

$$\text{CBR} = 50\% \longrightarrow \text{Si} = 7,64$$

$$\text{FR} = 1 ; \text{Pt} = 2,00 ; \text{Log Wt}_{18} = 6,855$$

$m_2 = 1$ (dianggap drainasenya baik)

$$\longrightarrow \text{SN} = 2,763.$$

$$\text{Jadi : } a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 = 2,763.$$

SN diatas subbase :

$$\text{CBR} = 100\% \longrightarrow \text{Si} = 8,86$$

$$\text{FR} = 1 ; \text{Pt} = 2,00 ; \text{Log Wt}_{18} = 6,855$$

$$\longrightarrow \text{SN} = 2,347.$$

$$\text{Jadi : } a_1 D_1 = 2,347.$$

h. Mencari tebal tiap lapisan perkerasan :

- Umur rencana 10 tahun :

Tebal lapisan permukaan (surface) :

$$a_1 D_1 = 1,969$$

$$0,35 (D_1) = 1,969$$

$$D_1 = 5,63 \text{ inchi}$$

Tebal lapisan base :

$$a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 = 2,332$$

$$1,969 + 0,14 (D_2) = 2,332$$

$$D_2 = 2,59 \text{ inchi}$$

(D₂ diambil tebal minimum, yaitu : 6 inchi)

Tebal lapisan subbase :

$$a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 = 3,890$$

$$2,332 + 0,12 (D_3) = 3,890$$

$$D_3 = 12,98 \text{ inchi}$$

Gambar tebal lapisan perkerasan :

Asbuton		I 5,63 inchi
CBR 100%		I 2,59 inchi
CBR 50%		I 12,98 inchi
CBR 3,4%		

- Umur rencana 20 tahun :

Tebal lapisan permukaan (surface) :

$$a_1 D_1 = 2,347$$

$$0,35 (D_1) = 2,347$$

$$D_1 = 6,71 \text{ inchi}$$

Tebal lapisan base :

$$a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 = 2,763$$

$$2,347 + 0,14 (D_2) = 2,763$$

$$D_2 = 2,97 \text{ inchi}$$

(D_2 dipakai tebal minimum, yaitu : 6 inchi)

Tebal lapisan subbase :

$$a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 = 4,536$$

$$2,763 + 0,12 (D_3) = 4,536$$

$$D_3 = 14,77 \text{ inchi}$$

Gambar tebal lapisan perkerasan :

Asbuton		I 6,71 inchi
CBR 50%		I 2,97 inchi
CBR 20%		I 14,77 inchi
CBR 3,4%		

4.2. PERBANDINGAN HASIL PERHITUNGAN TEBAL PERKERASAN LENTUR CARA BINA MARGA DENGAN CARA YANG DIUSULKAN.

Dari contoh perhitungan tebal perkerasan cara Bina Marga (dapat dilihat pada subbab 3.10) dan contoh perhitungan tebal perkerasan yang diusulkan (dapat dilihat pada subbab 4.1.), maka hasilnya dapat diringkas sebagai berikut :

a. Lalu lintas rendah (dengan umur rencana 10 tahun) :

JENIS LAPISAN PERKERASAN	CARA BINA MARGA (cm)	CARA YANG DI- USULKAN (cm)
Surface (D ₁)	5,00	12,00
Base (D ₂)	15,00	10,00
Subbase (D ₃)	10,00	16,50

b. Lalu lintas tinggi (dengan umur rencana 10 tahun) :

JENIS LAPISAN PERKERASAN	CARA BINA MARGA (cm)	CARA YANG DI- USULKAN (cm)
Surface (D ₁)	10,50	14,50
Base (D ₂)	20,00	15,00
Subbase (D ₃)	10,00	33,00

BAB V

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari pengkajian ulang Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur Cara Bina Marga yang telah diuraikan pada bab-bab terdahulu adalah sebagai berikut :

1. Koefisien distribusi kendaraan pada jalur rencana (C):
Ada usulan koreksi terhadap besarnya prosentase kendaraan pada jalur rencana (C), besarnya koreksi adalah sebagai berikut :

JUMLAH JALUR	KEND. RINGAN		KEND. BERAT	
	1 ARAH	2 ARAH	1 ARAH	2 ARAH
1 Jalur	1,000	-	1,000	-
2 Jalur	0,660	0,500	0,660	0,500
3 Jalur	0,500	0,500	0,500	0,500
4 Jalur	0,334	0,330	0,340	0,430
5 Jalur		0,330		0,430
6 Jalur		0,250		0,250
8 Jalur		0,167		0,170

2. Angka ekivalen (E) beban sumbu kendaraan :
 - a. Ada usulan koreksi Perumusan untuk mencari angka ekivalen (E). Perumusan tersebut menjadi :
 - Single Axle Load :
$$E = (P/8,16)^{4,352}$$

- Tandem Axle Load :

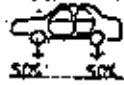
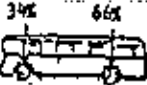


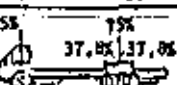
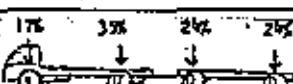
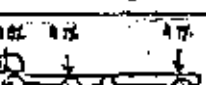
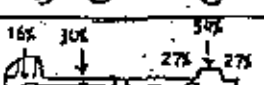
$$E = 0,07 \left(P/8,16 \right)^{4,352}$$

- Triple Axle Load :

$$E = 0,0148 \left(P/8,16 \right)^{4,352}$$

Dimana P dalam ton.

b. Berdasarkan rumus diatas, maka diusulkan harga-harga angka ekivalen untuk beberapa jenis kendaraan seperti pada Tabel dibawah ini:

KONFIGURASI SUMBU & TYPE	BEBAN MAX. (TON)	ANGKA EKIVALEN	KETERANGAN
M P (1.1)	2,00	0,0002	
B U S (1.2)	9,00	0,2651	
T R U C K (1.2L)	8,30	0,1868	
T R U C K (1.2H)	18,20	5,6768	
T R U C K (1.22)	25,00	2,9288	
TRAILER (1.2 + 2.2)	31,40	5,2285	
TARILER (1.2 - 2)	26,20	6,7036	
TRAILER (1.2 - 22)	41,00	13,2501	

Angka ekivalen diatas adalah untuk jenis kendaraan yang ditinjau, dengan anggapan sama untuk kendaraan kosong

atau bermuatan penuh.

3. Faktor Regional (FR) :

- a. Ada koreksi besarnya Faktor Regional, yaitu :
 - Untuk curah hujan < 1000 mm/thn : $FR = 1,000$.
 - Untuk curah hujan 1000 - 2000 mm/thn :
 $FR = 1,500$.
 - Untuk curah hujan > 2000 mm/thn : $FR = 2,000$.
- b. Pada tempat-tempat tertentu (misalnya : tanjakan, tempat pemberhentian, dan tikungan), lapisan permukaan menggunakan Asphalt Concrete.

4. Cara menentukan total equivalent axle load (W_{ue}) :

- a. Ada 2 cara menentukan total W_{ue} , yaitu :
 - Cara Weight In Motion (WIN) :
 Dengan cara ini dapat diketahui langsung jenis dan besar beban kendaraan yang lewat. Cara ini dipakai bila dalam perencanaan mendatang (sampai umur rencana) tidak ada perubahan type dan konfigurasi sumbu kendaraan.
 - Cara Bina Marga yang diusulkan :
 Cara ini dipakai bila dalam perencanaan mendatang (sampai umur rencana) mengalami perubahan type dan konfigurasi sumbu kendaraan.
- b. Ada usulan dalam memilih cara menghitung total, yaitu :

- Bila perkembangan daerah sekitarnya cepat, maka diusulkan umur rencana pendek (misalnya maksimum 5 tahun) dan total Wus dihitung dengan cara Bina Marga yang diusulkan.

Misalnya : daerah industri, perumahan, jalan arteri, dll.

- Bila perkembangan daerah sekitarnya lambat, maka diusulkan umur rencana bisa panjang (misalnya 10 tahun) dan total Wus dihitung dengan cara WIM.

Misalnya : jalan didalam kota, jalan kolektor, dll.

5. Cara menghitung SN (ITP) :

- a. Didalam menentukan SN (ITP) harus ada faktor koreksi kondisi drainase (m) jalan tersebut. Perumusan SN menjadi:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

- b. Cara mencari tebal tiap lapisan perkerasan harus dimulai dari atas (lapis permukaan), karena bila lapis permukaan rusak maka perkerasan tersebut akan cepat hancur.
- c. Perhitungan tebal tiap lapisan perkerasan harus berdasarkan CBR material lapisan dibawahnya, misalnya :

- Untuk mencari tebal lapis permukaan :



$$a_1 D_1 = SN_{base}$$

→ SN_{base} dicari berdasarkan CBR material base.

- Untuk mencari tebal lapis base :



$$a_1 D_1 + a_2 D_2 n_2 = SN_{subbase}$$

→ $SN_{subbase}$ dicari berdasarkan CBR material subbase.

- Untuk mencari tebal lapis subbase :



$$a_1 D_1 + a_2 D_2 n_2 + a_3 D_3 = SN_{subgrade}$$

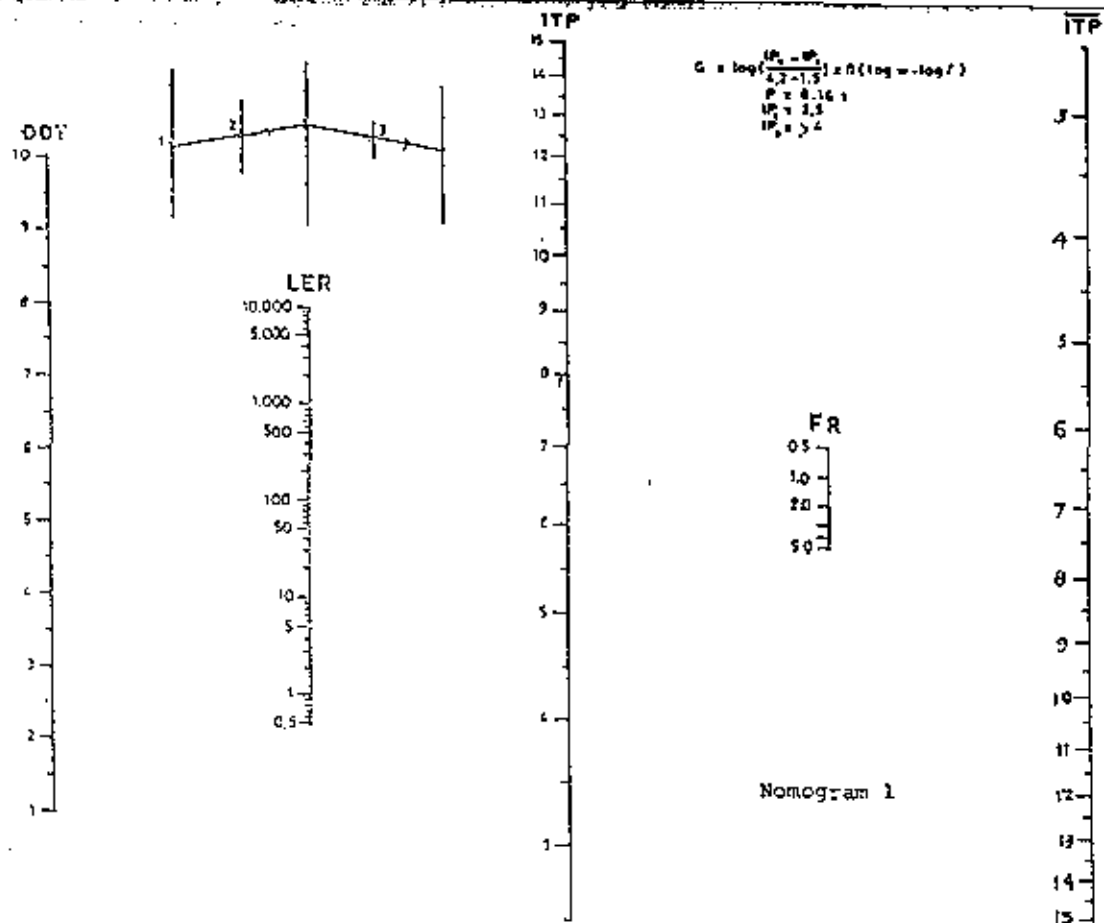
→ $SN_{subgrade}$ dicari berdasarkan CBR material subgrade.

DAFTAR PUSTAKA

1. "AASHTO Interim Guide for Design of Pavement Structure 1972." The American Association and Transportation Officials, 1974.
2. "AASHTO Guide for Design of Pavement Structure 1986" The American Association of State Highway and Transportation Officials, 1986.
3. Departemen Pekerjaan Umum "Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya." SK No. 01/PD/BM/1983, Direktorat Jenderal Bina Marga, 1983.
4. Departemen Pekerjaan Umum "Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen." SKBI-2.3.28.1987, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta, 1987.
5. Indrasurya B. Mochtar, dan Sudjanarko S., "Jalan Raya II.", Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 1983.
6. Indrasurya B. Mochtar, "A Comparative Study of Several Thickness Design Methodes for Flexible Pavement", Madison, Wisconsin 1979.
7. Gilbert Y. Baladi, and Mark B. Snyder, "Highway

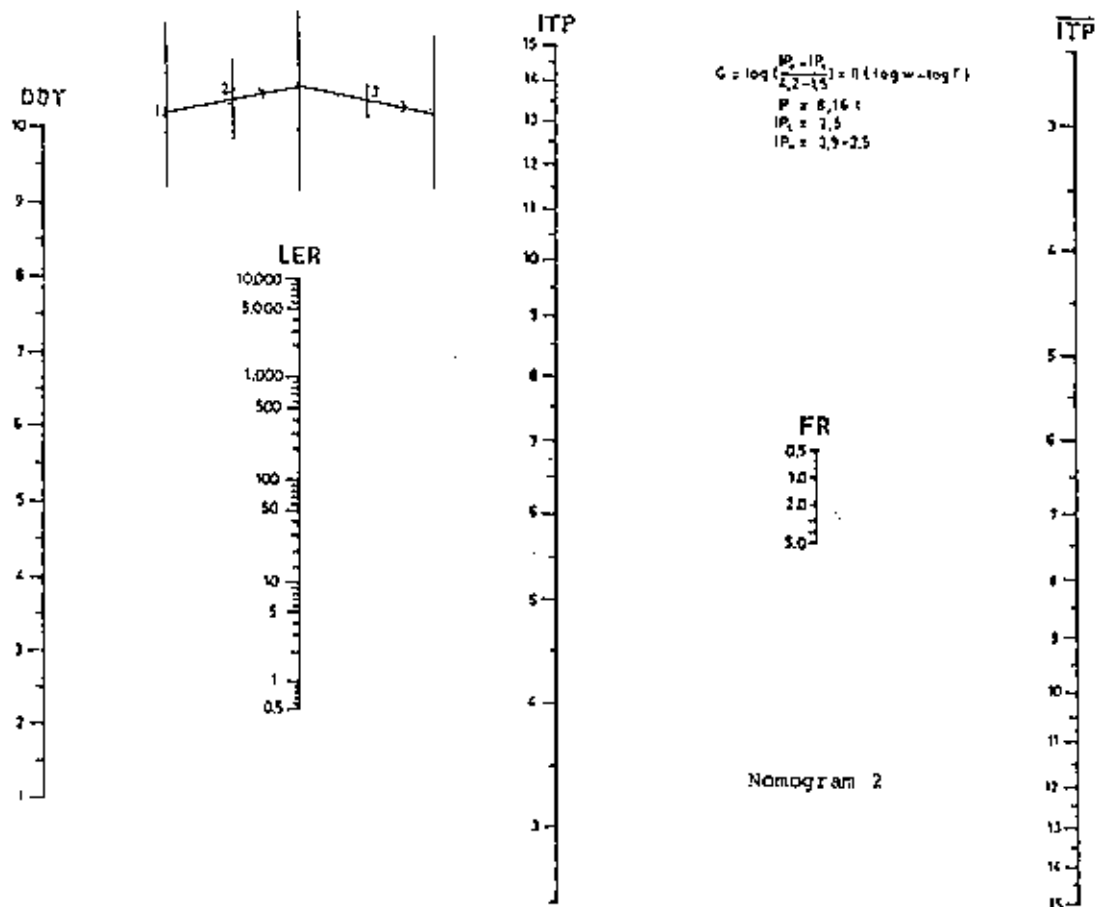
Pavements Training Course.", U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, Michigan State University Department of Civil and Environmental Engineering East Lansing, Michigan.

LAMPIRAN 1.

Gambar 1. Nomogram untuk $P_t = 2,5$; $IP_o > 4$.

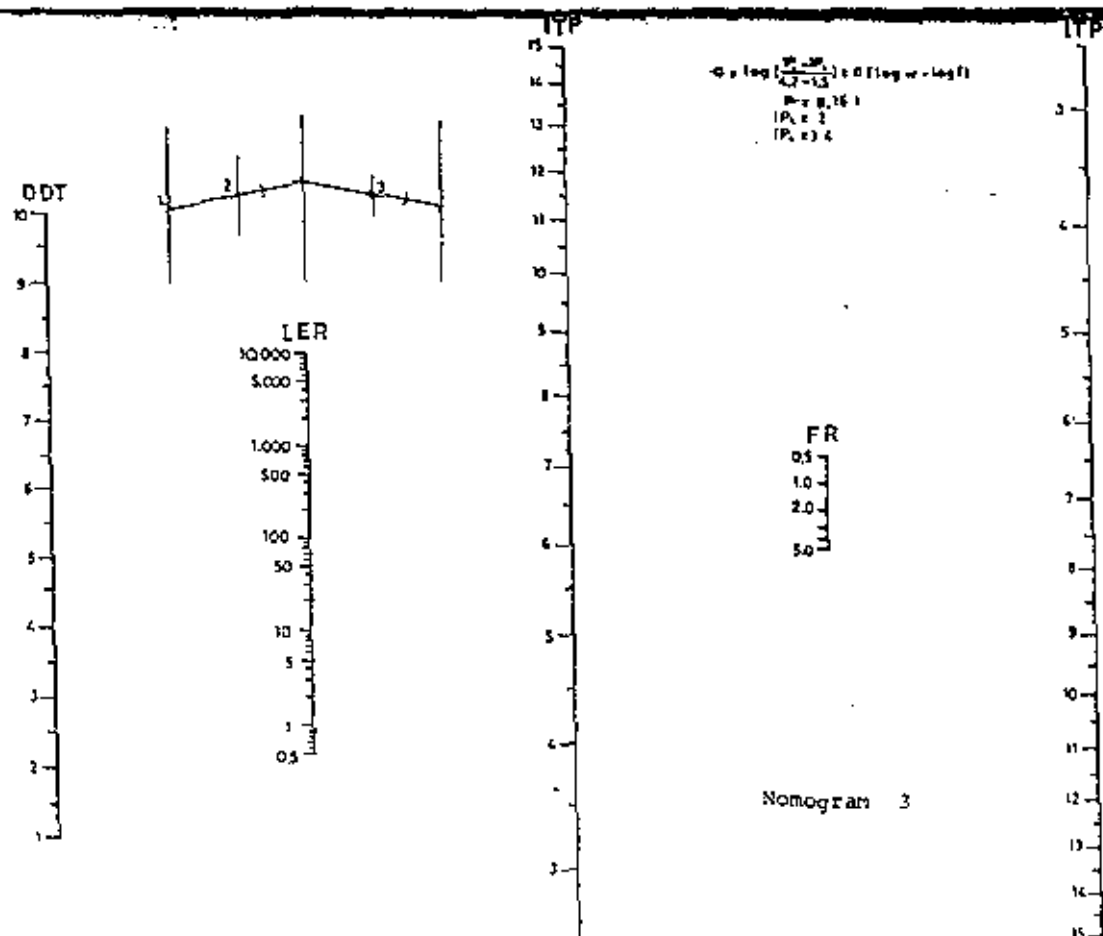
(Sumber : Bina Marga, 1987).

LAMPIRAN 1.

Gambar 2. Nomogram untuk $P_t = 2,5$; $IP_o = 3,9 - 3,5$.

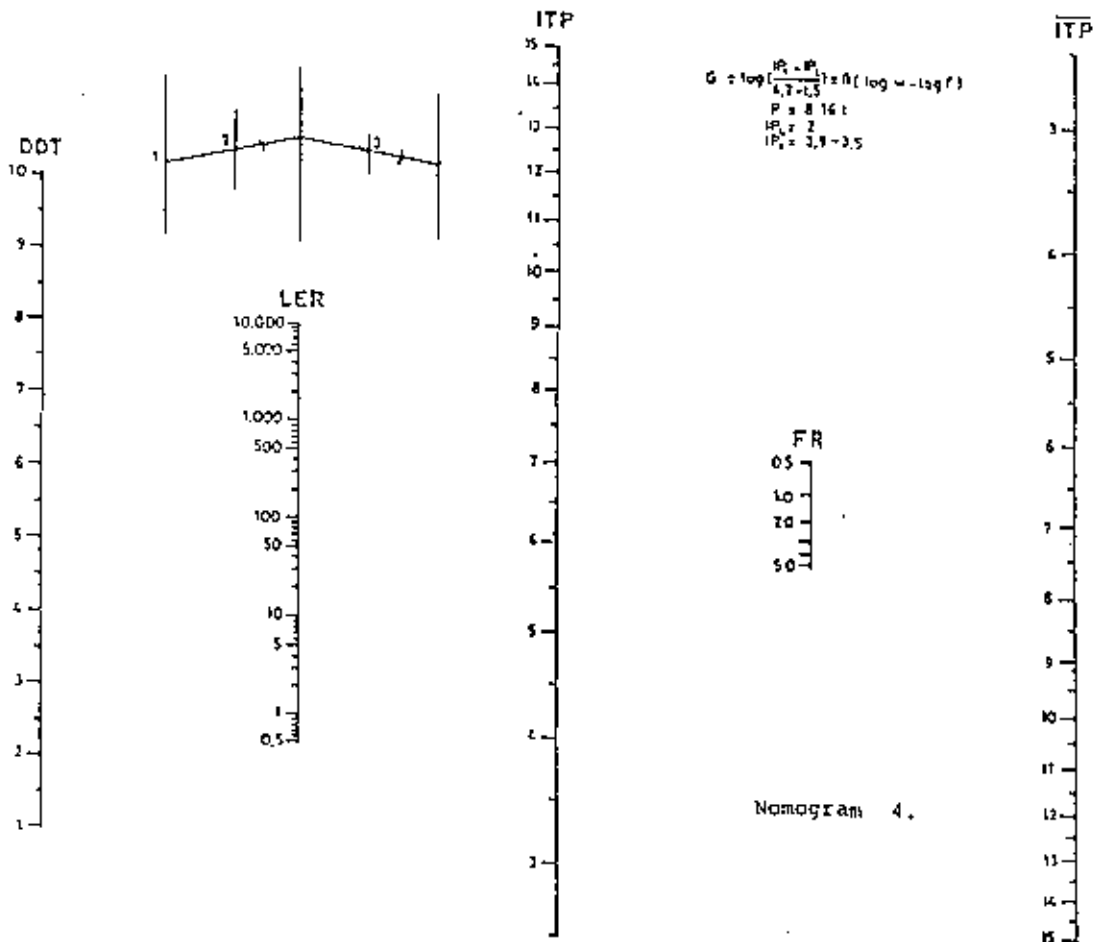
(Sumber : Bina Marga, 1987).

LAMPIRAN 1.

Gambar 3. Nomogram untuk $P_t = 2,0$; $IP_o > 4$.

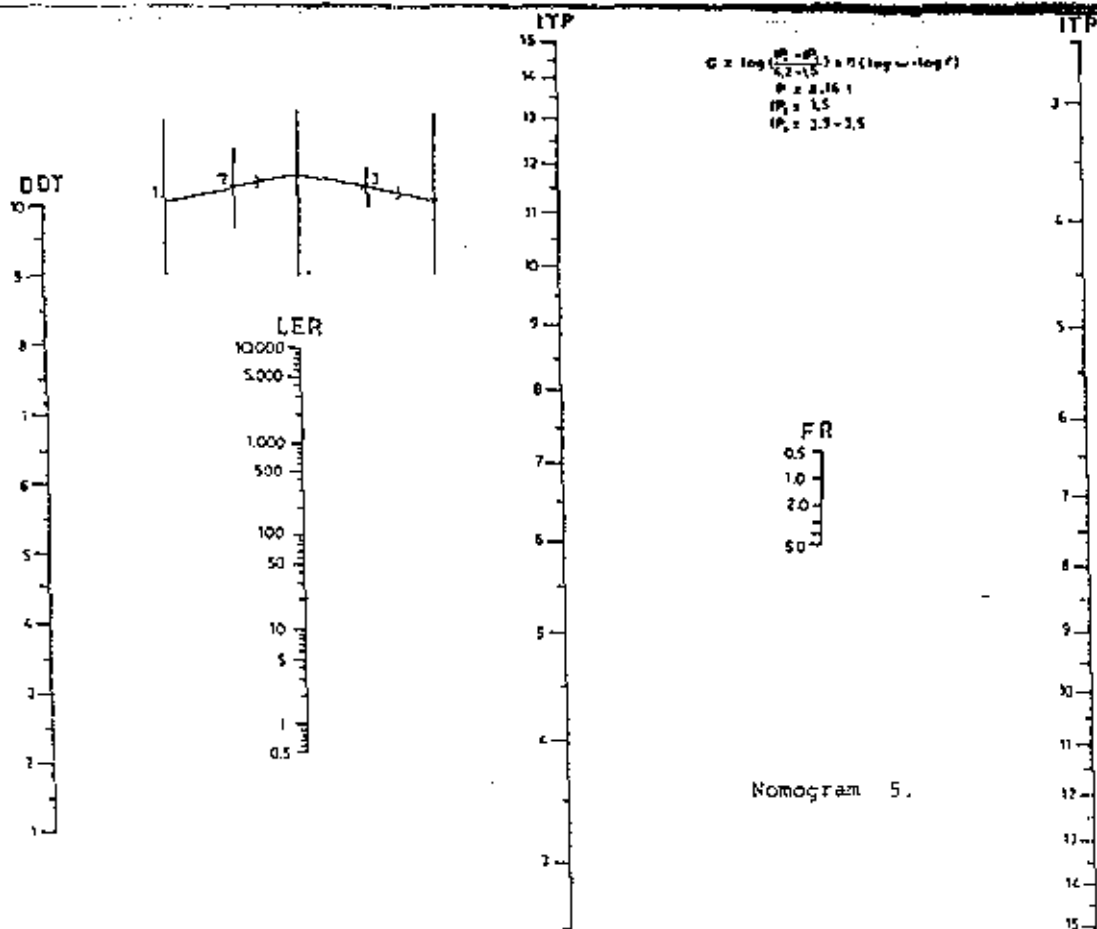
(Sumber : Bina Harga, 1987).

LAMPIRAN 1.

Gambar 4. Nomogram untuk $P_t = 2,0$; $IP_o = 3,9 - 3,5$.

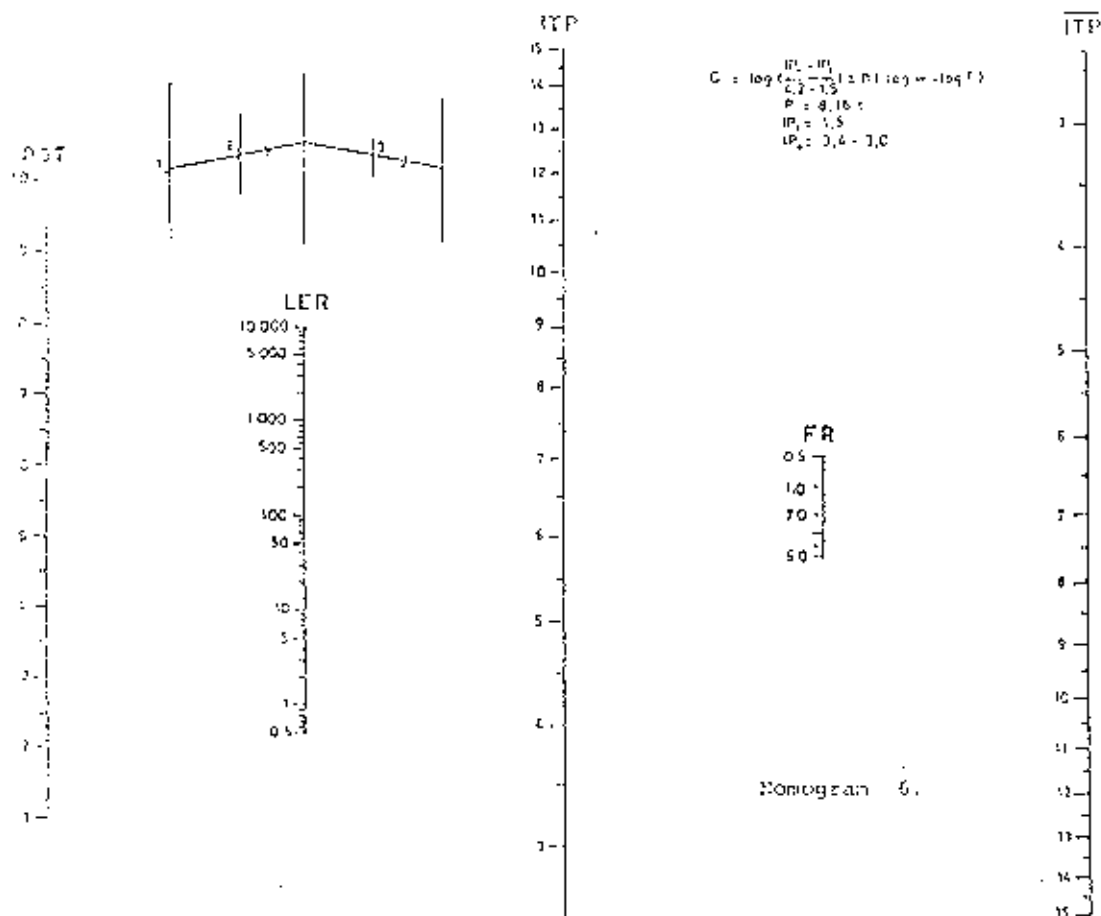
(Sumber : Bina Marga, 1987).

LAMPIRAN 1.

Gambar 5. Nomogram untuk $P_t = 1,5$; $IP_o = 3,9 - 3,5$.

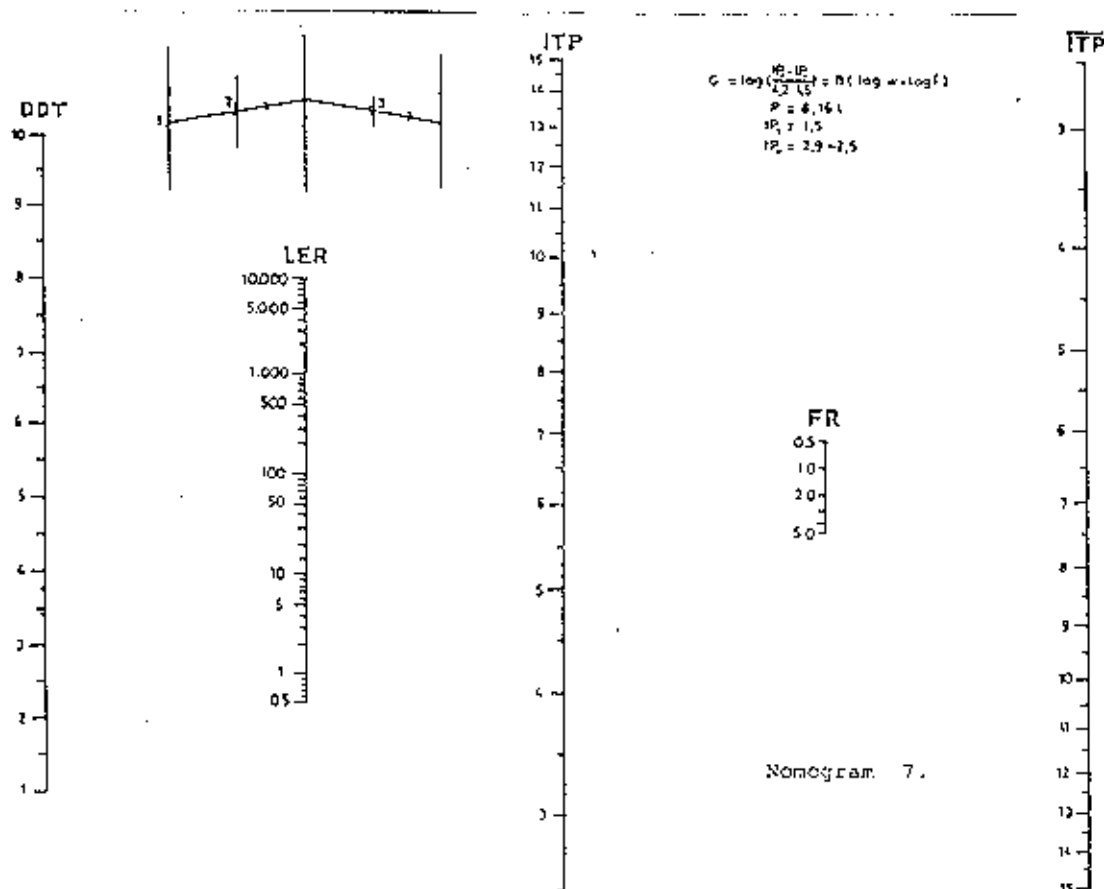
(Sumber : Bina Marga, 1987).

LAMPIRAN 1.

Gambar 6. Nomogram untuk $P_t = 1,5$; $IP_o = 3,4 - 3,0$.

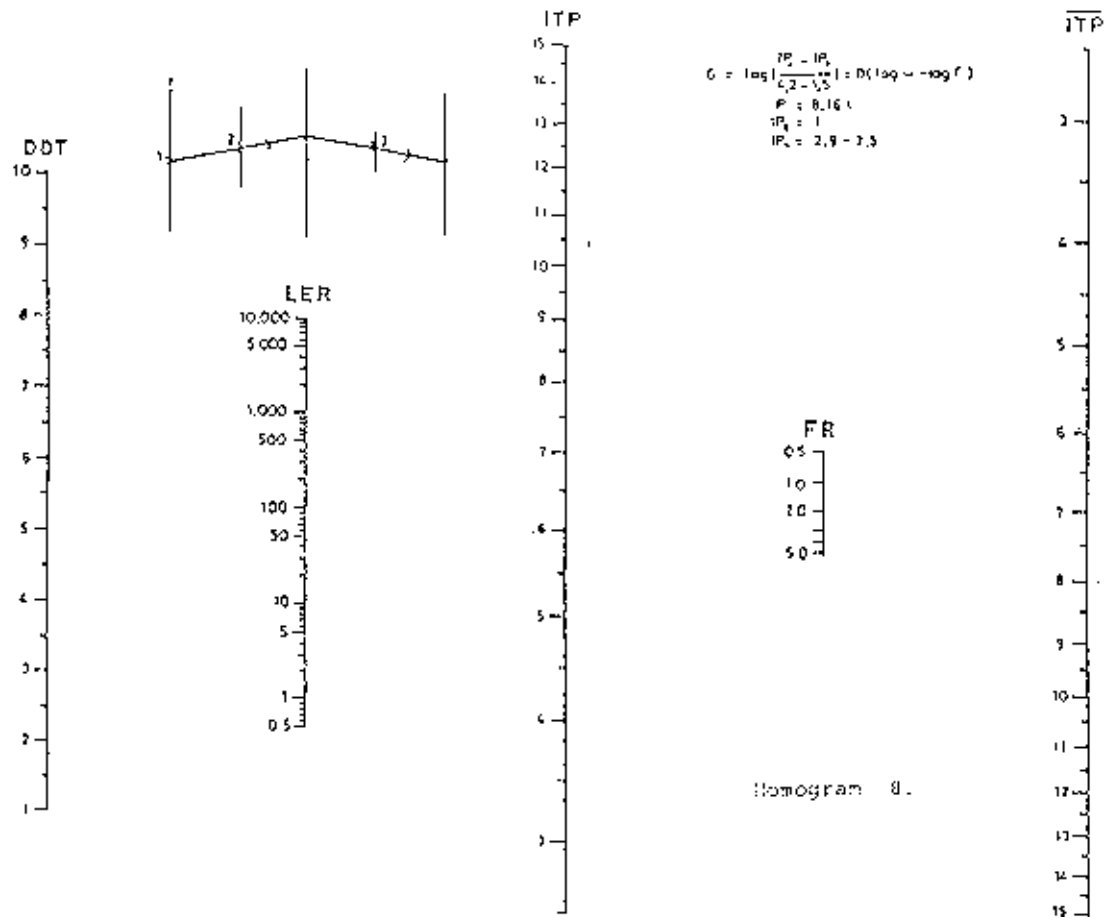
(Sumber : Bina Marga, 1987).

LAMPIRAN 1.

Gambar 7. Nomogram untuk $P_t = 1,5$; $IP_0 = 2,9 - 2,5$.

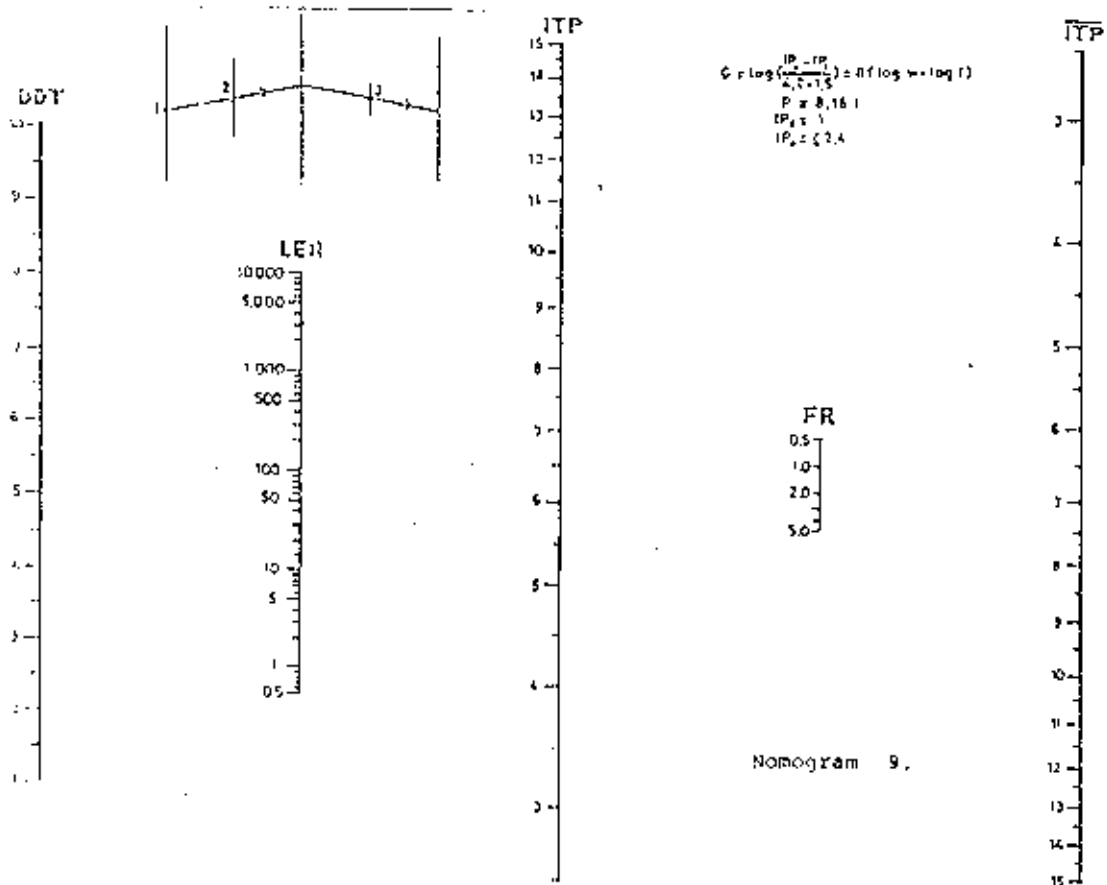
(Sumber : Bina Marga, 1987).

LAMPIRAN 1.

Gambar 8. Nomogram untuk $P_t = 1.0$; $I_{Po} = 2.9 - 2.5$.

(Sumber : Bina Marga, 1987).

LAMPIRAN 1.

Gambar 9. Nomogram untuk $P_t = 1,0$; $IP_0 < 2,4$.

(Sumber : Bina Marga, 1987).

LAMPIRAN 2.

Tabel 1. Perhitungan prosentase kendaraan berat pada jalur rencana untuk 6 jalur 2 arah.

JALUR	A	B	C
NILAI C	0.00	40.00	7.00
F.D : 0.86		36.98	6.02
F.D : 0.14		0.98	
F.D : 0.07	3.01		3.01
JUMLAH	3.01	37.96	9.03
F.D : 0.86	2.59	32.65	7.77
F.D : 0.14		0.42	1.26
F.D : 0.07	2.66		2.66
JUMLAH	5.25	34.33	10.42
F.D : 0.86	4.51	29.52	6.96
F.D : 0.14		0.73	1.46
F.D : 0.07	2.40		2.40
JUMLAH	6.91	31.72	11.37
F.D : 0.86	5.95	27.28	9.78
F.D : 0.14		0.97	1.59
F.D : 0.07	2.22		2.22
JUMLAH	8.17	29.64	12.00
F.D : 0.86	7.02	25.66	10.32
F.D : 0.14		1.14	1.68
F.D : 0.07	2.09		2.09
JUMLAH	9.11	26.48	12.41
F.D : 0.86	7.84	24.50	10.67
F.D : 0.14		1.26	1.74
F.D : 0.07	1.99		1.99
JUMLAH	9.83	27.51	12.68
F.D : 0.86	8.45	23.66	10.89
F.D : 0.14		1.38	1.77
F.D : 0.07	1.93		1.93
JUMLAH	10.36	26.81	12.81

Lanjutan Tabel 1.

J A L U R	A	B	C
Jml. yang dipindahkan	10.36	26.81	12.81
F.D : 0,86	8.93	23.05	11.02
F.D : 0,14		1.45	1.79
F.D : 0,07	1.86		1.68
JUMLAH	10.80	26.30	12.90
F.D : 0,86	9.29	22.62	11.09
F.D : 0,14		1.51	1.81
F.D : 0,07	1.84		1.64
JUMLAH	11.13	25.94	12.93
F.D : 0,86	9.57	22.30	11.12
F.D : 0,14		1.56	1.81
F.D : 0,07	1.82		1.62
JUMLAH	11.39	25.67	12.94
F.D : 0,86	9.79	22.06	11.13
F.D : 0,14		1.59	1.81
F.D : 0,07	1.80		1.80
JUMLAH	11.59	25.49	12.92
F.D : 0,86	9.97	21.92	11.11
F.D : 0,14		1.62	1.81
F.D : 0,07	1.78		1.78
JUMLAH	11.75	25.35	12.90
F.D : 0,86	10.11	21.80	11.09
F.D : 0,14		1.65	1.81
F.D : 0,07	1.77		1.77
JUMLAH	11.88	25.25	12.87
F.D : 0,86	10.22	21.72	11.07
F.D : 0,14		1.66	1.80
F.D : 0,07	1.77		1.77
JUMLAH	11.99	25.18	12.83
F.D : 0,86	10.31	21.66	11.04
F.D : 0,14		1.68	1.80
F.D : 0,07	1.76		1.76
JUMLAH	12.07	25.13	12.80

Lanjutan Tabel 1.

JALUR	A	B	C
Jml. yang dipindahkan	12.07	25.13	12.80
F.D : 0,86	10.38	21.61	11.01
F.D : 0,14		1.69	1.79
F.D : 0,07	1.76		1.76
JUMLAH	12.14	25.09	12.77
F.D : 0,86	10.44	21.58	10.98
F.D : 0,14		1.70	1.79
F.D : 0,07	1.76		1.76
JUMLAH	12.20	25.07	12.74
F.D : 0,86	10.49	21.56	10.95
F.D : 0,14		1.71	1.78
F.D : 0,07	1.75		1.75
JUMLAH	12.24	25.05	12.71
F.D : 0,86	10.53	21.54	10.93
F.D : 0,14		1.71	1.78
F.D : 0,07	1.75		1.75
JUMLAH	12.28	25.04	12.68
F.D : 0,86	10.56	21.53	10.91
F.D : 0,14		1.72	1.78
F.D : 0,07	1.75		1.75
JUMLAH	12.32	25.03	12.66
F.D : 0,86	10.59	21.52	10.89
F.D : 0,14		1.72	1.77
F.D : 0,07	1.75		1.75
JUMLAH	12.34	25.02	12.64
F.D : 0,86	10.62	21.52	10.87
F.D : 0,14		1.73	1.77
F.D : 0,07	1.75		1.75
JUMLAH	12.37	25.01	12.62
F.D : 0,86	10.64	21.51	10.85
F.D : 0,14		1.73	1.77
F.D : 0,07	1.75		1.75
JUMLAH	12.39	25.01	12.60

Lanjutan Tabel 1.

JALUR	A	B	C
Jml. yang dipindahkan	12.39	25.01	12.60
F.D : 0.86	10.65	21.51	10.84
F.D : 0.14		1.73	1.76
F.D : 0.07	1.75		1.75
JUMLAH	12.40	25.01	12.59
F.D : 0.86	10.67	21.51	10.83
F.D : 0.14		1.74	1.76
F.D : 0.07	1.75		1.75
JUMLAH	12.42	25.00	12.58
F.D : 0.86	10.68	21.50	10.82
F.D : 0.14		1.74	1.76
F.D : 0.07	1.75		1.75
JUMLAH	12.43	25.00	12.57
F.D : 0.86	10.69	21.50	10.81
F.D : 0.14		1.74	1.76
F.D : 0.07	1.75		1.75
JUMLAH	12.44	25.00	12.56
F.D : 0.86	10.70	21.50	10.80
F.D : 0.14		1.74	1.76
F.D : 0.07	1.75		1.75
JUMLAH	12.45	25.00	12.55
F.D : 0.86	10.71	21.50	10.79
F.D : 0.14		1.74	1.76
F.D : 0.07	1.75		1.75
JUMLAH	12.46	25.00	12.54
F.D : 0.86	10.71	21.50	10.79
F.D : 0.14		1.74	1.76
F.D : 0.07	1.75		1.75
JUMLAH	12.46	25.00	12.54

LAMPRAN 2.

Tabel 2. Perhitungan prosentase kendaraan ringan pada jalur rencana untuk 8 jalur 2 arah.

JALUR	A	B	C	D
NILAI C	0.00	12.50	25.00	12.50
F.D : 0,66		8.25	16.50	8.25
F.D : 0,34			4.25	
F.D : 0,17	2.13	4.25	2.13	4.25
JUMLAH	2.13	12.50	22.88	12.50
F.D : 0,66	1.40	8.25	15.10	8.25
F.D : 0,34		0.72	4.25	
F.D : 0,17	2.13	3.89	2.13	3.89
JUMLAH	3.53	12.66	21.47	12.14
F.D : 0,66	2.33	8.49	14.17	8.01
F.D : 0,34		1.20	4.13	
F.D : 0,17	2.19	3.65	2.19	3.65
JUMLAH	4.51	13.34	20.49	11.66
F.D : 0,66	2.98	8.60	13.52	7.70
F.D : 0,34		1.53	3.97	
F.D : 0,17	2.27	3.48	2.27	3.48
JUMLAH	5.25	13.82	19.75	11.18
F.D : 0,66	3.46	9.12	13.04	7.38
F.D : 0,34		1.78	3.80	
F.D : 0,17	2.35	3.36	2.35	3.36
JUMLAH	5.81	14.26	19.19	10.74
F.D : 0,66	3.84	9.41	12.66	7.09
F.D : 0,34		1.98	3.65	
F.D : 0,17	2.42	3.26	2.42	3.26
JUMLAH	6.26	14.65	18.74	10.35
F.D : 0,66	4.13	9.67	12.37	6.83
F.D : 0,34		2.13	3.52	
F.D : 0,17	2.49	3.19	2.49	3.19
JUMLAH	6.62	14.98	18.38	10.02

Lanjutan Tabel 2.

JALUR	A	B	C	D
Jml. yg. dipindahkan	6.62	14.98	18.36	10.02
F.D : 0,66	4.37	9.89	12.13	6.61
F.D : 0,34		2.25		3.41
F.D : 0,17	2.55		3.12	2.55
JUMLAH	6.92	15.27	18.06	9.73
F.D : 0,66	4.57	10.08	11.93	6.42
F.D : 0,34		2.35		3.91
F.D : 0,17	2.60		3.07	2.60
JUMLAH	7.16	15.50	17.84	9.50
F.D : 0,66	4.73	10.23	11.77	6.27
F.D : 0,34		2.43		3.23
F.D : 0,17	2.64		3.03	2.64
JUMLAH	7.36	15.70	17.64	9.30
F.D : 0,66	4.86	10.36	11.64	6.14
F.D : 0,34		2.50		3.16
F.D : 0,17	2.67		3.00	2.67
JUMLAH	7.53	15.86	17.47	9.14
F.D : 0,66	4.97	10.47	11.53	6.03
F.D : 0,34		2.56		3.11
F.D : 0,17	2.70		2.97	2.70
JUMLAH	7.66	16.00	17.34	9.00
F.D : 0,66	5.06	10.56	11.44	5.94
F.D : 0,34		2.61		3.06
F.D : 0,17	2.72		2.95	2.72
JUMLAH	7.78	16.11	17.22	8.89
F.D : 0,66	5.13	10.63	11.37	5.87
F.D : 0,34		2.64		3.02
F.D : 0,17	2.74		2.93	2.74
JUMLAH	7.87	16.21	17.13	8.79
F.D : 0,66	5.20	10.70	11.30	5.80
F.D : 0,34		2.68		2.99
F.D : 0,17	2.76		2.91	2.76
JUMLAH	7.95	16.28	17.05	8.72

Lanjutan Tabel 2.

JALUR	A	B	C	D
Jml. yg. dipindahkan	7.95	16.28	17.05	8.72
F.D : 0,66	5.25	10.75	11.25	5.75
F.D : 0,34		2.70	2.96	
F.D : 0,17	2.77	2.90	2.77	2.90
JUMLAH	8.02	16.35	16.98	8.65
F.D : 0,66	5.29	10.79	11.21	5.71
F.D : 0,34		2.73	2.94	
F.D : 0,17	2.78	2.89	2.78	2.89
JUMLAH	8.07	16.40	16.93	8.60
F.D : 0,66	5.33	10.83	11.17	5.67
F.D : 0,34		2.74	2.92	
F.D : 0,17	2.79	2.88	2.79	2.88
JUMLAH	8.11	16.45	16.89	8.55
F.D : 0,66	5.36	10.86	11.14	5.64
F.D : 0,34		2.76	2.91	
F.D : 0,17	2.80	2.87	2.80	2.87
JUMLAH	8.15	16.49	16.85	8.51
F.D : 0,66	5.38	10.88	11.12	5.62
F.D : 0,34		2.77	2.89	
F.D : 0,17	2.80	2.86	2.80	2.86
JUMLAH	8.18	16.52	16.82	8.48
F.D : 0,66	5.40	10.90	11.10	5.60
F.D : 0,34		2.78	2.88	
F.D : 0,17	2.81	2.86	2.81	2.86
JUMLAH	8.21	16.54	16.79	8.46
F.D : 0,66	5.42	10.92	11.08	5.58
F.D : 0,34		2.79	2.86	
F.D : 0,17	2.81	2.85	2.81	2.85
JUMLAH	8.23	16.56	16.77	8.44
F.D : 0,66	5.43	10.93	11.07	5.57
F.D : 0,34		2.80	2.87	
F.D : 0,17	2.82	2.85	2.82	2.85
JUMLAH	8.25	16.58	16.75	8.42

Lanjutan Tabel 2.

JALUR	A	B	C	D
Jml. yg. dipindahkan	8.25	16.58	16.75	8.42
F.D : 0,66	5.44	10.94	11.06	5.56
F.D : 0,34		2.80	2.86	
F.D : 0,17	2.82	2.85	2.82	2.85
JUMLAH	8.26	16.60	16.74	8.40
F.D : 0,66	5.45	10.95	11.05	5.55
F.D : 0,34		2.81	2.86	
F.D : 0,17	2.82	2.85	2.82	2.85
JUMLAH	8.27	16.61	16.73	8.39
F.D : 0,66	5.46	10.96	11.04	5.54
F.D : 0,34		2.81	2.85	
F.D : 0,17	2.82	2.84	2.82	2.84
JUMLAH	8.28	16.62	16.72	8.38
F.D : 0,66	5.47	10.97	11.03	5.53
F.D : 0,34		2.82	2.85	
F.D : 0,17	2.82	2.84	2.82	2.84
JUMLAH	8.29	16.63	16.71	8.37
F.D : 0,66	5.47	10.97	11.03	5.53
F.D : 0,34		2.82	2.85	
F.D : 0,17	2.83	2.84	2.83	2.84
JUMLAH	8.30	16.63	16.70	8.37
F.D : 0,66	5.48	10.98	11.02	5.52
F.D : 0,34		2.82	2.84	
F.D : 0,17	2.83	2.84	2.83	2.84
JUMLAH	8.31	16.64	16.69	8.36
F.D : 0,66	5.48	10.98	11.02	5.52
F.D : 0,34		2.82	2.84	
F.D : 0,17	2.83	2.84	2.83	2.84
JUMLAH	8.31	16.64	16.69	8.36

LAMPIRAN 2.

Tabel 3. Perhitungan prosentase kendaraan berat pada jalur rencana untuk 8 jalur 2 arah.

JALUR	A	B	C	D
NILAI C	0.00	12.46	25.00	12.54
F.D : 0,86		10.72	21.50	10.78
F.D : 0,14			1.76	
F.D : 0,07	0.87	1.75	0.87	1.75
JUMLAH	0.87	12.47	24.13	12.53
F.D : 0,86	0.75	10.72	20.75	10.78
F.D : 0,14		0.12	1.75	
F.D : 0,07	0.87	1.69	0.87	1.69
JUMLAH	1.62	12.53	23.38	12.47
F.D : 0,86	1.40	10.78	20.10	10.72
F.D : 0,14		0.23	1.75	
F.D : 0,07	0.88	1.64	0.88	1.64
JUMLAH	2.27	12.64	22.73	12.36
F.D : 0,86	1.95	10.87	19.55	10.63
F.D : 0,14		0.32	1.73	
F.D : 0,07	0.88	1.59	0.88	1.59
JUMLAH	2.84	12.78	22.16	12.22
F.D : 0,86	2.44	10.99	19.06	10.51
F.D : 0,14		0.40	1.71	
F.D : 0,07	0.89	1.55	0.89	1.55
JUMLAH	3.34	12.94	21.66	12.06
F.D : 0,86	2.87	11.13	18.63	10.37
F.D : 0,14		0.47	1.69	
F.D : 0,07	0.91	1.52	0.91	1.52
JUMLAH	3.78	13.11	21.22	11.89
F.D : 0,86	3.25	11.28	18.25	10.22
F.D : 0,14		0.59	1.66	
F.D : 0,07	0.92	1.49	0.92	1.49
JUMLAH	4.16	13.29	20.84	11.71

Lanjutan Tabel 3.

JALUR	A	B	C	D
Jml. yg. dipindahkan	4.16	13.29	20.84	11.71
F.D : 0,86	3.58	11.43	17.92	10.07
F.D : 0,14		0.58	1.64	
F.D : 0,07	0.93	1.46	0.93	1.46
JUMLAH	4.51	13.47	20.49	11.53
F.D : 0,86	3.58	11.59	17.62	9.91
F.D : 0,14		0.63	1.61	
F.D : 0,07	0.94	1.43	0.94	1.43
JUMLAH	4.82	13.65	20.18	11.35
F.D : 0,86	4.15	11.74	17.35	9.76
F.D : 0,14		0.68	1.59	
F.D : 0,07	0.96	1.41	0.96	1.41
JUMLAH	5.10	13.83	19.90	11.17
F.D : 0,86	4.39	11.89	17.11	9.61
F.D : 0,14		0.71	1.56	
F.D : 0,07	0.97	1.39	0.97	1.39
JUMLAH	5.36	14.00	19.64	11.00
F.D : 0,86	4.61	12.04	16.89	9.46
F.D : 0,14		0.75	1.54	
F.D : 0,07	0.98	1.38	0.98	1.38
JUMLAH	5.59	14.16	19.41	10.84
F.D : 0,86	4.80	12.18	16.70	9.32
F.D : 0,14		0.78	1.52	
F.D : 0,07	0.99	1.36	0.99	1.36
JUMLAH	5.80	14.32	19.20	10.68
F.D : 0,86	4.98	12.32	16.52	9.18
F.D : 0,14		0.81	1.49	
F.D : 0,07	1.00	1.34	1.00	1.34
JUMLAH	5.99	14.47	19.01	10.53
F.D : 0,86	5.15	12.45	16.35	9.05
F.D : 0,14		0.84	1.47	
F.D : 0,07	1.01	1.33	1.01	1.33
JUMLAH	6.16	14.62	18.84	10.38

Lanjutan Tabel 3.

JALUR	A	B	C	D
Jml. yg. dipindahkan	6.16	14.62	18.84	10.38
F.D : 0,86	5.30	12.57	16.20	8.93
F.D : 0,14		0.86	1.45	
F.D : 0,07	1.02	1.32	1.02	1.32
JUMLAH	6.32	14.75	18.66	10.25
F.D : 0,86	5.44	12.69	16.06	8.81
F.D : 0,14		0.89	1.43	
F.D : 0,07	1.03	1.31	1.03	1.31
JUMLAH	6.47	14.88	18.53	10.12
F.D : 0,86	5.56	12.80	15.94	8.70
F.D : 0,14		0.91	1.42	
F.D : 0,07	1.04	1.30	1.04	1.30
JUMLAH	6.61	15.00	18.39	10.00
F.D : 0,86	5.68	12.90	15.82	8.60
F.D : 0,14		0.92	1.40	
F.D : 0,07	1.05	1.29	1.05	1.29
JUMLAH	6.73	15.11	18.27	9.89
F.D : 0,86	5.79	13.00	15.71	8.50
F.D : 0,14		0.94	1.38	
F.D : 0,07	1.06	1.28	1.06	1.28
JUMLAH	6.85	15.22	18.15	9.78
F.D : 0,86	5.89	13.09	15.61	8.41
F.D : 0,14		0.96	1.37	
F.D : 0,07	1.07	1.27	1.07	1.27
JUMLAH	6.95	15.32	18.05	9.68
F.D : 0,86	5.98	13.17	15.52	8.33
F.D : 0,14		0.97	1.36	
F.D : 0,07	1.07	1.26	1.07	1.26
JUMLAH	7.05	15.41	17.95	9.59
F.D : 0,86	6.06	13.25	15.44	8.25
F.D : 0,14		0.99	1.34	
F.D : 0,07	1.08	1.26	1.08	1.26
JUMLAH	7.14	15.49	17.86	9.51

Lanjutan Tabel 3.

JALUR	A	B	C	D
Jml. yg. dipindahkan	7.14	15.49	17.86	9.51
F.D : 0,86	6.14	13.33	15.36	8.17
F.D : 0,14		1.00	1.33	
F.D : 0,07	1.08	1.25	1.08	1.25
JUMLAH	7.23	15.58	17.77	9.42
F.D : 0,86	6.22	13.39	15.28	8.11
F.D : 0,14		1.01	1.32	
F.D : 0,07	1.09	1.24	1.09	1.24
JUMLAH	7.31	15.65	17.69	9.35
F.D : 0,86	6.28	13.46	15.22	8.04
F.D : 0,14		1.02	1.31	
F.D : 0,07	1.10	1.24	1.10	1.24
JUMLAH	7.38	15.72	17.62	9.28
F.D : 0,86	6.35	13.52	15.15	7.98
F.D : 0,14		1.03	1.30	
F.D : 0,07	1.10	1.23	1.10	1.23
JUMLAH	7.45	15.79	17.55	9.21
F.D : 0,86	6.40	13.58	15.10	7.92
F.D : 0,14		1.04	1.29	
F.D : 0,07	1.11	1.23	1.11	1.23
JUMLAH	7.51	15.85	17.49	9.15
F.D : 0,86	6.46	13.63	15.04	7.87
F.D : 0,14		1.05	1.28	
F.D : 0,07	1.11	1.22	1.11	1.22
JUMLAH	7.57	15.90	17.43	9.10
F.D : 0,86	6.51	13.68	14.99	7.82
F.D : 0,14		1.06	1.27	
F.D : 0,07	1.11	1.22	1.11	1.22
JUMLAH	7.62	15.96	17.38	9.04
F.D : 0,86	6.55	13.72	14.95	7.78
F.D : 0,14		1.07	1.27	
F.D : 0,07	1.12	1.22	1.12	1.22
JUMLAH	7.67	16.01	17.33	8.99

Lanjutan Tabel 3.

JALUR	A	B	C	D
Jml. yg. dipindahkan	7.67	16.01	17.33	8.99
F.D : 0,86	6.60	13.77	14.90	7.73
F.D : 0,14		1.07	1.26	
F.D : 0,07	1.12	1.21	1.12	1.21
JUMLAH	7.72	16.05	17.23	8.95
F.D : 0,86	6.64	13.81	14.86	7.69
F.D : 0,14		1.08	1.25	
F.D : 0,07	1.12	1.21	1.12	1.21
JUMLAH	7.76	16.10	17.24	8.90
F.D : 0,86	6.67	13.84	14.83	7.66
F.D : 0,14		1.09	1.25	
F.D : 0,07	1.13	1.21	1.13	1.21
JUMLAH	7.80	16.14	17.20	8.86
F.D : 0,86	6.71	13.88	14.79	7.62
F.D : 0,14		1.09	1.24	
F.D : 0,07	1.13	1.20	1.13	1.20
JUMLAH	7.84	16.17	17.16	8.83
F.D : 0,86	6.74	13.91	14.76	7.59
F.D : 0,14		1.10	1.24	
F.D : 0,07	1.13	1.20	1.13	1.20
JUMLAH	7.87	16.21	17.13	8.79
F.D : 0,86	6.77	13.94	14.73	7.56
F.D : 0,14		1.10	1.23	
F.D : 0,07	1.13	1.20	1.13	1.20
JUMLAH	7.91	16.24	17.09	8.76
F.D : 0,86	6.80	13.97	14.70	7.53
F.D : 0,14		1.11	1.23	
F.D : 0,07	1.14	1.20	1.14	1.20
JUMLAH	7.94	16.27	17.06	8.73
F.D : 0,86	6.82	13.99	14.68	7.51
F.D : 0,14		1.11	1.22	
F.D : 0,07	1.14	1.19	1.14	1.19
JUMLAH	7.96	16.30	17.04	8.70

Lanjutan Tabel 3.

JALUR	A	B	C	D
Jml. yg. dipindahkan	7.96	16.30	17.04	8.70
F.D : 0,86	6.85	14.02	14.65	7.48
F.D : 0,14		1.11	1.22	
F.D : 0,07	1.14	1.19	1.14	1.19
JUMLAH	7.99	16.32	17.01	8.68
F.D : 0,86	6.87	14.04	14.63	7.46
F.D : 0,14		1.12	1.21	
F.D : 0,07	1.14	1.19	1.14	1.19
JUMLAH	8.01	16.35	16.99	8.65
F.D : 0,86	6.89	14.06	14.61	7.44
F.D : 0,14		1.12	1.21	
F.D : 0,07	1.14	1.19	1.14	1.19
JUMLAH	8.04	16.37	16.96	8.63
F.D : 0,86	6.91	14.08	14.59	7.42
F.D : 0,14		1.12	1.21	
F.D : 0,07	1.15	1.19	1.15	1.19
JUMLAH	8.06	16.39	16.94	8.61
F.D : 0,86	6.93	14.10	14.57	7.40
F.D : 0,14		1.13	1.21	
F.D : 0,07	1.15	1.19	1.15	1.19
JUMLAH	8.08	16.41	16.92	8.59
F.D : 0,86	6.95	14.11	14.55	7.39
F.D : 0,14		1.13	1.20	
F.D : 0,07	1.15	1.18	1.15	1.18
JUMLAH	8.09	16.43	16.91	8.57
F.D : 0,86	6.96	14.13	14.54	7.37
F.D : 0,14		1.13	1.20	
F.D : 0,07	1.15	1.18	1.15	1.18
JUMLAH	8.11	16.44	16.89	8.56
F.D : 0,86	6.98	14.14	14.52	7.36
F.D : 0,14		1.14	1.20	
F.D : 0,07	1.15	1.18	1.15	1.18
JUMLAH	8.13	16.46	16.87	8.54

Lanjutan Tabel 3.

JALUR	A	B	C	D
Jml. yg. dipindahkan	8.22	16.55	16.78	8.45
F.D : 0,86	7.07	14.23	14.43	7.27
F.D : 0,14		1.15	1.18	
F.D : 0,07	1.16	1.17	1.16	1.17
JUMLAH	8.23	16.56	16.77	8.44
F.D : 0,86	7.07	14.24	14.43	7.26
F.D : 0,14		1.15	1.18	
F.D : 0,07	1.16	1.17	1.16	1.17
JUMLAH	8.23	16.57	16.77	8.43
F.D : 0,86	7.08	14.25	14.42	7.25
F.D : 0,14		1.15	1.18	
F.D : 0,07	1.16	1.17	1.16	1.17
JUMLAH	8.24	16.57	16.76	8.43
F.D : 0,86	7.09	14.25	14.41	7.25
F.D : 0,14		1.15	1.18	
F.D : 0,07	1.16	1.17	1.16	1.17
JUMLAH	8.25	16.58	16.75	8.42
F.D : 0,86	7.09	14.26	14.41	7.24
F.D : 0,14		1.15	1.18	
F.D : 0,07	1.16	1.17	1.16	1.17
JUMLAH	8.25	16.59	16.75	8.41
F.D : 0,86	7.10	14.26	14.40	7.24
F.D : 0,14		1.16	1.18	
F.D : 0,07	1.16	1.17	1.16	1.17
JUMLAH	8.26	16.59	16.74	8.41
F.D : 0,86	7.10	14.27	14.40	7.23
F.D : 0,14		1.16	1.18	
F.D : 0,07	1.16	1.17	1.16	1.17
JUMLAH	8.26	16.60	16.74	8.40
F.D : 0,86	7.11	14.27	14.39	7.23
F.D : 0,14		1.16	1.18	
F.D : 0,07	1.16	1.17	1.16	1.17
JUMLAH	8.27	16.60	16.73	8.40

Lanjutan Tabel 3.

JALUR	A	B	C	D
Jml. yg. dipindahkan	8.27	16.60	16.73	8.40
F.D : 0,86	7.11	14.28	14.39	7.22
F.D : 0,14		1.16		1.18
F.D : 0,07	1.16		1.17	1.16
JUMLAH	8.27	16.61	16.73	8.39
F.D : 0,86	7.11	14.28	14.39	7.22
F.D : 0,14		1.16		1.18
F.D : 0,07	1.16		1.17	1.16
JUMLAH	8.28	16.61	16.72	8.39
F.D : 0,86	7.12	14.29	14.38	7.21
F.D : 0,14		1.16		1.17
F.D : 0,07	1.16		1.17	1.16
JUMLAH	8.28	16.61	16.72	8.39

LAMPIRAN 3.

Tabel 1. Angka ekivalen untuk Single Axle.

(Sumber : AASHTO, 1986).

Axle Load (kips)	Pavement Structural Number (SN)					
	1	2	3	4	5	6
2	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
4	.002	.003	.002	.002	.002	.002
6	.009	.012	.011	.010	.009	.009
8	.030	.035	.036	.033	.031	.029
10	.075	.085	.090	.085	.079	.076
12	.165	.177	.189	.183	.174	.168
14	.325	.338	.354	.350	.338	.331
16	.589	.598	.613	.612	.603	.596
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.8
50	113.	108.	97.	86.	81.	82.

LAMPIRAN 3.

Tabel 2. Angka ekivalen untuk Tandem Axle.

(Sumber : AASHTO, 1986).

Axle Load (kips)	Pavement Structural Number (SN)					
	1	2	3	4	5	6
2	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	.0003	.0003	.0003	.0002	.0002	.0002
6	.001	.001	.001	.001	.001	.001
8	.003	.003	.003	.003	.003	.002
10	.007	.008	.008	.007	.006	.006
12	.013	.016	.016	.014	.013	.012
14	.024	.029	.029	.026	.024	.023
16	.041	.048	.050	.046	.042	.040
18	.066	.077	.081	.075	.069	.066
20	.103	.117	.124	.117	.109	.105
22	.156	.171	.183	.174	.164	.158
24	.227	.244	.260	.252	.239	.231
26	.322	.340	.360	.353	.338	.329
28	.447	.465	.487	.481	.466	.455
30	.607	.623	.646	.643	.627	.617
32	.810	.823	.843	.842	.829	.819
34	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0
86	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3

LAMPIRAN 3.

Tabel 3. Angka ekivalen untuk Triple Axle.

(Sumber : AASHTO, 1986).

Axle Load (kips)	Pavement Structural Number (SN)					
	1	2	3	4	5	6
2	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001
6	.0004	.0004	.0003	.0003	.0003	.0003
8	.0009	.0010	.0008	.0008	.0007	.0007
10	.002	.002	.002	.002	.002	.001
12	.004	.004	.004	.003	.003	.003
14	.006	.007	.007	.006	.006	.005
16	.010	.012	.012	.010	.009	.009
18	.016	.019	.019	.017	.015	.015
20	.024	.029	.029	.026	.024	.023
22	.034	.042	.042	.038	.035	.034
24	.049	.058	.060	.055	.051	.048
26	.068	.080	.083	.077	.071	.068
28	.093	.107	.113	.105	.098	.094
30	.125	.140	.149	.140	.131	.126
32	.164	.182	.194	.184	.173	.167
34	.213	.233	.248	.238	.225	.217
36	.273	.294	.313	.303	.288	.279
38	.346	.368	.390	.381	.364	.353
40	.434	.456	.481	.473	.454	.443
42	.538	.560	.587	.580	.561	.548
44	.662	.682	.710	.705	.686	.673
46	.807	.825	.852	.849	.831	.818
48	.976	.992	1.015	1.014	.999	.987
50	1.17	1.18	1.20	1.20	1.19	1.18
52	1.40	1.40	1.42	1.42	1.41	1.40
54	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
56	1.95	1.95	1.93	1.93	1.94	1.94
58	2.29	2.27	2.24	2.23	2.25	2.27
60	2.67	2.64	2.59	2.57	2.60	2.63
62	3.10	3.08	2.98	2.95	2.99	3.04
64	3.59	3.53	3.41	3.37	3.42	3.49
66	4.13	4.05	3.89	3.83	3.90	3.99
68	4.73	4.63	4.43	4.34	4.42	4.54
70	5.40	5.28	5.03	4.90	5.00	5.15
72	6.15	6.00	5.68	5.52	5.63	5.82
74	6.97	6.79	6.41	6.20	6.33	6.56
76	7.88	7.67	7.21	6.94	7.08	7.36
78	8.88	8.63	8.09	7.75	7.90	8.23
80	9.98	9.69	9.05	8.63	8.79	9.18
82	11.2	10.8	10.1	9.6	9.8	10.2
84	12.5	12.1	11.2	10.6	10.8	11.3
86	13.9	13.5	12.5	11.8	11.9	12.5
88	15.5	15.0	13.8	13.0	13.2	13.8
90	17.2	16.6	15.3	14.3	14.5	15.2

Lanjutan Tabel 3.

JALUR	A	B	C	D
Jml. yg. dipindahkan	8.13	16.46	16.87	8.54
JUMLAH	8.13	16.46	16.87	8.54
F.D : 0,86	6.99	14.16	14.51	7.34
F.D : 0,14		1.14	1.20	
F.D : 0,07	1.15	1.18	1.15	1.18
JUMLAH	8.14	16.47	16.86	8.53
F.D : 0,86	7.00	14.17	14.50	7.33
F.D : 0,14		1.14	1.19	
F.D : 0,07	1.15	1.18	1.15	1.18
JUMLAH	8.15	16.49	16.85	8.51
F.D : 0,86	7.01	14.18	14.49	7.32
F.D : 0,14		1.14	1.19	
F.D : 0,07	1.15	1.18	1.15	1.18
JUMLAH	8.17	16.50	16.83	8.50
F.D : 0,86	7.02	14.19	14.48	7.31
F.D : 0,14		1.14	1.19	
F.D : 0,07	1.16	1.18	1.16	1.18
JUMLAH	8.18	16.51	16.82	8.49
F.D : 0,86	7.03	14.20	14.47	7.30
F.D : 0,14		1.14	1.19	
F.D : 0,07	1.16	1.18	1.16	1.18
JUMLAH	8.19	16.52	16.81	8.48
F.D : 0,86	7.04	14.21	14.46	7.29
F.D : 0,14		1.15	1.19	
F.D : 0,07	1.16	1.18	1.16	1.18
JUMLAH	8.20	16.53	16.80	8.47
F.D : 0,86	7.05	14.22	14.45	7.28
F.D : 0,14		1.15	1.19	
F.D : 0,07	1.16	1.18	1.16	1.18
JUMLAH	8.21	16.54	16.79	8.46
F.D : 0,86	7.06	14.23	14.44	7.27
F.D : 0,14		1.15	1.18	
F.D : 0,07	1.16	1.18	1.16	1.18